

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Электроснабжение инструментального завода кузнечного цеха	

УДК 621.31.031.621.753.5:631.735.013

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д2	Маковей Алексей Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Герасимов Дмитрий Юрьевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А.А.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ледовская А.М.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель отделения	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение электроэнергетики и электротехники	Шестакова Вера Васильевна	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ОК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Уметь формулировать задачи в области <i>релейной защиты и автоматики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Уметь проектировать <i>противоаварийную автоматику, релейную защиту</i> .	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-8, ПК-9–14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-6, ПК-38–44, ПК-51), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-16, ПК-20–21, ПК-37), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-18, ПК-23–28, ПК-30, ПК-37, ПК-45, ПК-46–51), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-10, ОК-14, ПК-14, ПК-20, ПК-28, ПК-29, ПК-31), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1),

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-2, ОК-11, ОК-12, ОК-15, ПК-1, ПК-10, ПК-19, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-7, ПК-32, ПК-34), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-7, ОК-9, ПК-4, ПК-35), <i>CDIO Syllabus</i> (2,5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-5, ПК-21, ПК-22, ПК-36), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6, ОК-10, ОК-13, ОК-16, ПК-31, ПК-33), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП 13.03.02

_____ Шестакова В.В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3Д2	Маковой Алексей Михайлович

Тема работы:

Электроснабжение инструментального завода кузнечного цеха

Утверждена приказом директора (дата, номер)

24.04.2018, №2900/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

04.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).

Объектом исследования является ремонтно-механический цех химического комбината. В качестве исходных данных представлены:

- генеральный план химического комбината;
- сведения об электрических нагрузках химического комбината;
- план ремонтно-механического цеха;
- сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - постановка задачи проектирования; - проектирование системы электроснабжения рассматриваемого химического комбината; - обсуждение результатов выполненной работы; - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - картограмма электрических нагрузок предприятия; - схема внутризаводского электроснабжения; - внутрицеховая схема ремонтно-механического цеха; - однолинейная схема ремонтно-механического цеха.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p>(с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ледовская Анна Михайловна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Фигурко Аркадий Альбертович</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Герасимов Дмитрий Юрьевич	к.т.н., доцент		24.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д2	Маковей Алексей Михайлович		24.04.2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 104 страницы, 15 рисунков, 57 таблиц, 24 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: метод упорядоченных диаграмм, расчетная нагрузка, электроснабжение цеха, центр электрических нагрузок, картограмма нагрузок, выбор трансформаторов, выбор напряжения, ток короткого замыкания, эпюры напряжений, карта селективности, финансовый менеджмент социальная ответственность.

Объектом исследования является инструментальный завод, кузнечный цех.

Цель работы: проектирование оптимальной системы электроснабжения кузнечного цеха инструментального завода.

В ходе работы был произведен расчет нагрузок завода по исходным данным, с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории завода, был произведен выбор основного оборудования, а также это оборудование было подвержено поверкам.

Расчет нагрузок кузнечного цеха осуществлялся методом упорядоченных диаграмм, итогом расчета стали значения полной расчетной мощности и расчетного тока. Полные расчетные мощности остальных цехов завода и полная мощность предприятия были найдены методом коэффициента спроса. Схема внутриводской сети – радиальная.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	8
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	10
2 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	13
2.1 Объект и методы исследования	13
2.3 Определение осветительной нагрузки кузнечного цеха	25
2.4 Определение расчетной нагрузки каждого цеха и всего предприятия с учетом осветительной нагрузки	26
2.5 Картограмма и определение центра электрических нагрузок	31
2.6 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	36
2.7 Схема внешнего электроснабжения предприятия	39
2.8 Схема внутривародской распределительной сети 10 кВ.....	43
2.9 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.....	47
2.10 Выбор ответвлений к ЭП с учетом защитных аппаратов	53
2.11 Построение эпюры отклонения напряжения	60
2.12 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	67
2.13 Построение карты селективности действия аппаратов защиты	71
2.14 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного короткого замыкания	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ А	106
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	107

ВВЕДЕНИЕ

Данная выпускная квалификационная работа рассматривает проектирование системы электроснабжения инструментального завода в целом и кузнечного цеха в частности. Целью работы является проектирование системы электроснабжения такого предприятия и развитие способности решать практические вопросы проектирования системы электроснабжения.

Исследуемый завод предполагает наличие нагрузки по степени надежности электроснабжения как 2 и 3 категории. В состав завода входят различные цеха, каждый из которых выполняет свою функцию в технологическом процессе. Процесс выполнения курсового проекта предусматривает следующие этапы:

1. Расчет нагрузки кузнечного цеха;
2. Определение расчетной нагрузки всего завода с учетом осветительной нагрузки каждого цеха и прилегающей территории, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций, ГПП, а также в линиях;
3. Построение картограммы электрических нагрузок для дальнейшего наилучшего расположения ГПП на всей территории завода;
4. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций и расчет схемы внутризаводского электроснабжения.
5. Выбор сечения проводов и напряжения питающей предприятие сети, а также выбор мощности трансформаторов ГПП;
6. Расчет токов короткого замыкания в сети выше и ниже 1000В.

На последнем этапе проектируется электроснабжение кузнечного цеха, которое включает в себя следующие этапы расчета:

- распределение электроприемников по пунктам питания;
- определение расчетных нагрузок;
- выбор и проверка сечений питающих линий по допустимой токовой нагрузке и потере напряжения;

- выбор защитных аппаратов;
- построение эюр отклонений напряжения для цепи от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП;
- расчет токов КЗ для построения карты селективности действия аппаратов защиты.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Объектом исследования является инструментальный завод в целом и его кузнечный цех в частности. На рисунке 1.1 приведен генеральный план цеха.



Рисунок 1.1 – План кузнечного цеха

На рисунке 1.2 показан план инструментального завода, а в таблице 1.1 приведены сведения об электрических нагрузках кузнечного цеха.

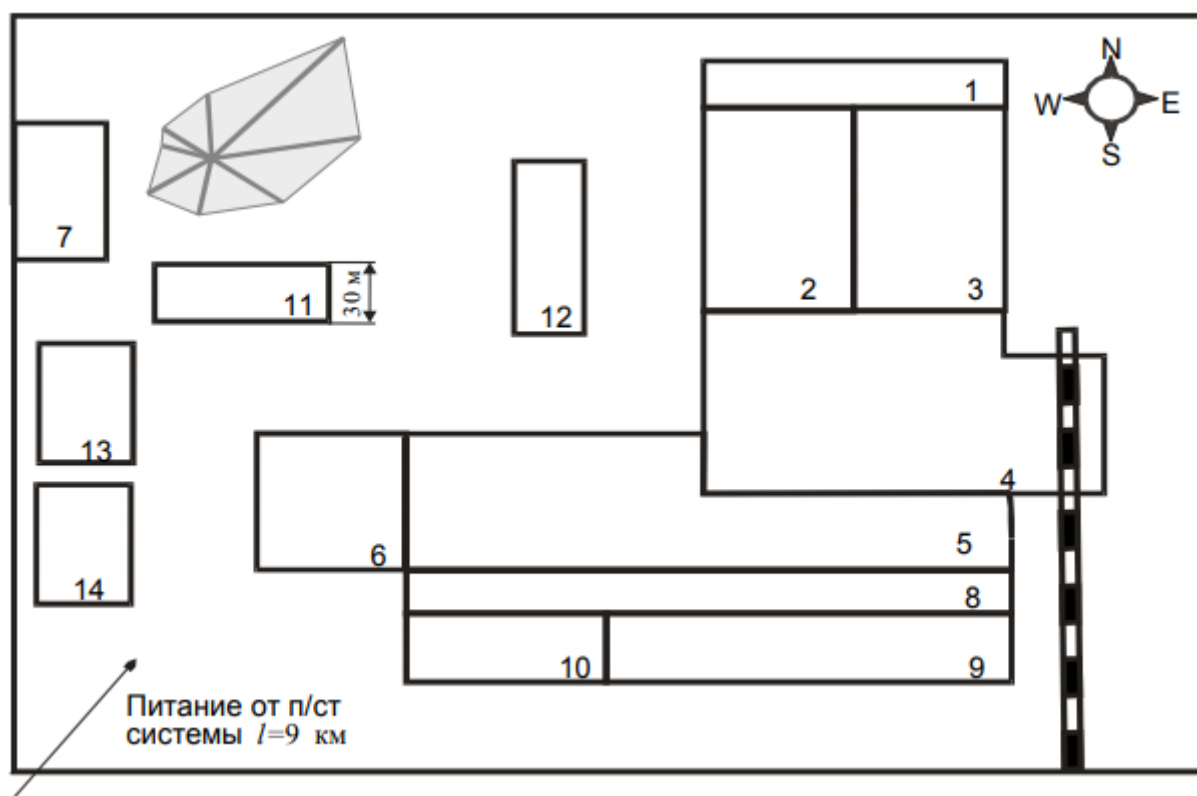


Рисунок 1.2 – Генплан инструментального завода

В таблице 1.2 приведена ведомость электрических нагрузок по цехам.

Таблица 1.1 – Сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха

Номер на плане	Наименование ЭП	Установленная мощность ЭП, кВт
1, 30	Кран-балка, ПВ=40%	30
18	Пресс	50
2-5	Фрезерный станок	12
6-8, 10	Трубогибочный станок	10
9, 26	Шлифовальный станок	8
12, 13, 14, 24	Сварочный трансформатор, ПВ=25%	20
31	Вентилятор	8
15, 27	Сушильный шкаф	24
16, 17	Закалочная печь	30
19-23, 25, 34	Токарный станок	12
37	Сверлильный станок	6
28, 29	Электрованна	28

Продолжение таблицы 1.1

32, 36	Электромолот	12
38	Поворотный кран	8
33, 40	Вентилятор горна	14
35	Обдирочный станок	14
39	Нагревательная плита	20

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках инструментального завода

№ п/п	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт
1.	Термическое отд.1	2	800
2.	Заготовительный	2	400
3.	Сверлильный	2	660
4.	Цех плашек	2	500
5.	Цех метчиков	2	400
6.	Деревообрабатывающий	2	250
7.	Ремонтно-механический	2	190
8.	Термическое отд.2	2	490
9.	Испытательная станция	1	180
10.	Кузнечный	2	-
11.	Склад	2	120
12.	Заводоуправление	1	320
13.	Насосная	3	450
14.	Компрессорная: 10 кВ (СД); 0,38 кВ	3	1000 85

2 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

2.1 Объект и методы исследования

Инструментальный завод служит для изготовления мерительного и металлорежущего инструмента, штампов, нестандартного инструмента, оборудования и оснастки для собственных нужд и сторонних заказчиков. Современные технологии и оборудование позволяют мастерам инструментального производства выполнять все виды операций по изготовлению оснастки, мерительного и металлорежущего инструмента, штампов, пресс-форм для пластмасс и литья под давлением, сборочных и сварочных приспособлений.

На базе многопрофильного производства, имеющего полный спектр универсального и специализированного оборудования, завод принимает заказы на выполнение токарных, фрезерных, шлифовальных и механосборочных работ.

По чертежам заказчика из высококачественных марок сталей изготавливаются:

1. Специальный режущий инструмент.
2. Ножи для рубки стали и обработки древесины различных форм и назначения.
3. Детали типа тел вращения:
 - валы (Ø 2-600мм, длиной 200-4000мм)
 - диски (Ø 20-1000мм, длиной 10- 450мм)
4. Шестерни и зубчатые колеса цилиндрической и конической формы, в том числе, прямозубые, косозубые, с наружным и внутренним зубом.
5. Технологическая оснастка и приспособления.
6. Запасные части к станочному оборудованию, узлам и механизмам различного назначения.

2.2 Выбор схемы электроснабжения и расчет электрических нагрузок кузнечного цеха

Электроприемники распределяем по ШР с учетом технологического процесса и соответственно их расположения. Произведем расчет электрических нагрузок для питающих ШР.

Для решения и оптимизации технологического процесса важным фактором является определение электрических нагрузок.

Расчет силовых нагрузок цеха производим методом упорядоченных диаграмм [1]. Расчет электрических нагрузок по этому методу производится в следующей последовательности.

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок кузнечного цеха. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы:

Группа А: электроприемники с переменным графиком нагрузки, у которых $K_{\text{и}} \leq 0,6$;

Группа Б: электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых $K_{\text{и}} > 0,6$;

Для каждой группы определяется суммарная номинальная мощность, приведенная к продолжительности включения (ПВ=100%):

$$P_{\text{ном}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i},$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность отдельных ЭП.

Для длительного режима работы:

$$P_{\text{пасп}} = P_{\text{ном}}.$$

Для повторно-кратковременного режима работы:

$$P_{\text{пасп}} = P_{\text{ном}} \sqrt{\text{ПВ(о.е.)}};$$

$$P_{\text{пасп}} = S_{\text{ном}} \sqrt{\text{ПВ(о.е.)}} \cdot \cos \varphi,$$

где ПВ – продолжительность включения;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности электроприемника.

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}},$$

где $P_{\text{н}}$ – суммарная номинальная активная мощность рабочих электроприемников;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования активной мощности [2].

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi,$$

где $\text{tg}\varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Для определения коэффициента максимума необходимо знать коэффициент использования групповой нагрузки и эффективное число ЭП ($n_{\text{э}}$) – это такое число однородных по режиму работы ЭП одинаковой мощности, которое обуславливает ту же величину нагрузки, что и группа различных по номинальной мощности и режиму работы ЭП.

Средневзвешенный коэффициент использования группы определяется по формуле:

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{ном}}},$$

где $\sum P_{\text{см}}$ – суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;

$\sum P_{\text{ном}}$ – суммарная установленная мощность группы электроприёмников цеха.

По общей формуле $n_{\text{э}}$ определяется как:

$$n_{\text{э}} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}} \right]^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}}^2}.$$

где $\left[\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}} \right]^2$ – квадрат суммы номинальных мощностей ЭП группы для которых определяют $n_{\text{э}}$;

$\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}}^2$ – сумма квадратов номинальных мощностей ЭП группы для которых определяют $n_{\text{э}}$.

Либо по одному из упрощенных способов, в зависимости от условий. Для начала необходимо вычислить коэффициент m (показатель силовой сборки в группе).

$$m = \frac{P_{\text{ном max}}}{P_{\text{ном min}}};$$

где $P_{\text{ном max}}$ – наибольшая мощность ЭП в группе;

$P_{\text{ном min}}$ – наименьшая мощность ЭП в группе.

При $m \leq 3 \Rightarrow n_{\text{э}} = n_{\text{ф}}$,

где m – коэффициент силовой сборки в группе,

$n_{\text{ф}}$ – фактическое число электроприемников.

При этом исключаются те ЭП мощность которых не превышает 5% суммарной мощности всей группы.

При $m > 3, K_{\text{и}} \geq 0,2$, применяется формула:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum P_{\text{ном.i}}}{P_{\text{ном.max}}},$$

где $\sum P_{\text{ном.i}}$ – сумма номинальных мощностей, приведенных к ПВ100%, всех ЭП группы;

$P_{\text{ном.max}}$ – мощность самого мощного электроприемника в группе.

При $m > 3, K_{\text{и}} < 0,2$ применяется следующий порядок расчета:

1. определяется наибольший по мощности ЭП, рассматриваемой группы.
2. определяются наиболее мощные ЭП, $P_{\text{ном}}$ которых равна или больше половины мощности наибольшего ЭП группы.
3. определяется число n_1 и $\Sigma P_{\text{ном.1}}$ наибольших по мощности ЭП группы.
4. определяется число n и $\Sigma P_{\text{ном}}$ всех ЭП группы.
5. находятся значения: $n_* = \frac{n_1}{n}$ и $P_* = \frac{P_{\text{ном.1}}}{P_{\text{ном}}}$.
6. используя табл.1.4 [2] по n_* и P_* определяется $n_{\text{э}*}$.
7. определяем эффективное число электроприёмников по формуле:

$$n_{\text{э}*} = \frac{n_{\text{э}}}{n} \Rightarrow n_{\text{э}} = n_{\text{э}*} \cdot n.$$

Далее, используя табл.1.8 [2], находим значение коэффициента максимума $K_{\text{м}} = f(n_{\text{э}}, K_{\text{и}})$.

Расчетная активная $P_{\text{м}}$ и реактивная $Q_{\text{м}}$ максимальные мощности группы:

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}},$$

где $K_{\text{м}}$ – коэффициент максимума.

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}} \text{ при } n_{\text{э}} > 10;$$

$$Q_{\text{м}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} \text{ при } n_{\text{э}} \leq 10.$$

Для электроприемников группы Б с практически постоянным графиком нагрузки расчетная активная и реактивная мощность принимается равной средней за наиболее загруженную смену.

$$P_{\text{м}} = P_{\text{см}}.$$

Расчётная нагрузка осветительных приёмников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{\text{р.о}} = K_{\text{с.о}} \cdot P_{\text{н.о}} = K_{\text{с.о}} \cdot P_{\text{уд.о}} \cdot F,$$

где $K_{c.o}$ – принимается по справочнику;

$P_{уд.o}$ – удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м² (принимается по справочнику) [3];

F – площадь цеха, м² (определяется по генплану).

Полная расчётная нагрузка цеха определяется:

$$S_p = \sqrt{(P_M)^2 + (Q_M)^2}.$$

Расчётный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}.$$

Справочные данные для электроприемников цеха, принятые согласно табл. П.2.1[1], представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Справочные данные для ЭП кузнечного цеха

Номер на плане цеха	Наименование ЭП	Коэффициент использования $K_{и}$	Коэффициент реактивной мощности $\cos\phi$
1, 30	Кран-балка, ПВ=40%	0,10	0,50
18	Пресс	0,25	0,65
2-5	Фрезерный станок	0,12	0,40
6-8, 10	Трубогибочный станок	0,13	0,40
9, 26	Шлифовальный станок	0,14	0,40
12, 13, 14, 24	Сварочный трансформатор, ПВ=25%	0,20	0,40
31	Вентилятор	0,75	0,80
15, 27	Сушильный шкаф	0,75	0,95
16, 17	Закалочная печь	0,85	0,95
19-23, 25, 34	Токарный станок	0,13	0,50
37	Сверлильный станок	0,12	0,40

Продолжение таблицы 2.1

28, 29	Электрованна	0,30	0,60
32, 36	Электромолот	0,30	0,60
38	Поворотный кран	0,05	0,50
33, 40	Вентилятор горна	0,75	0,80
35	Обдирочный станок	0,13	0,40
39	Нагревательная плита	0,80	0,95

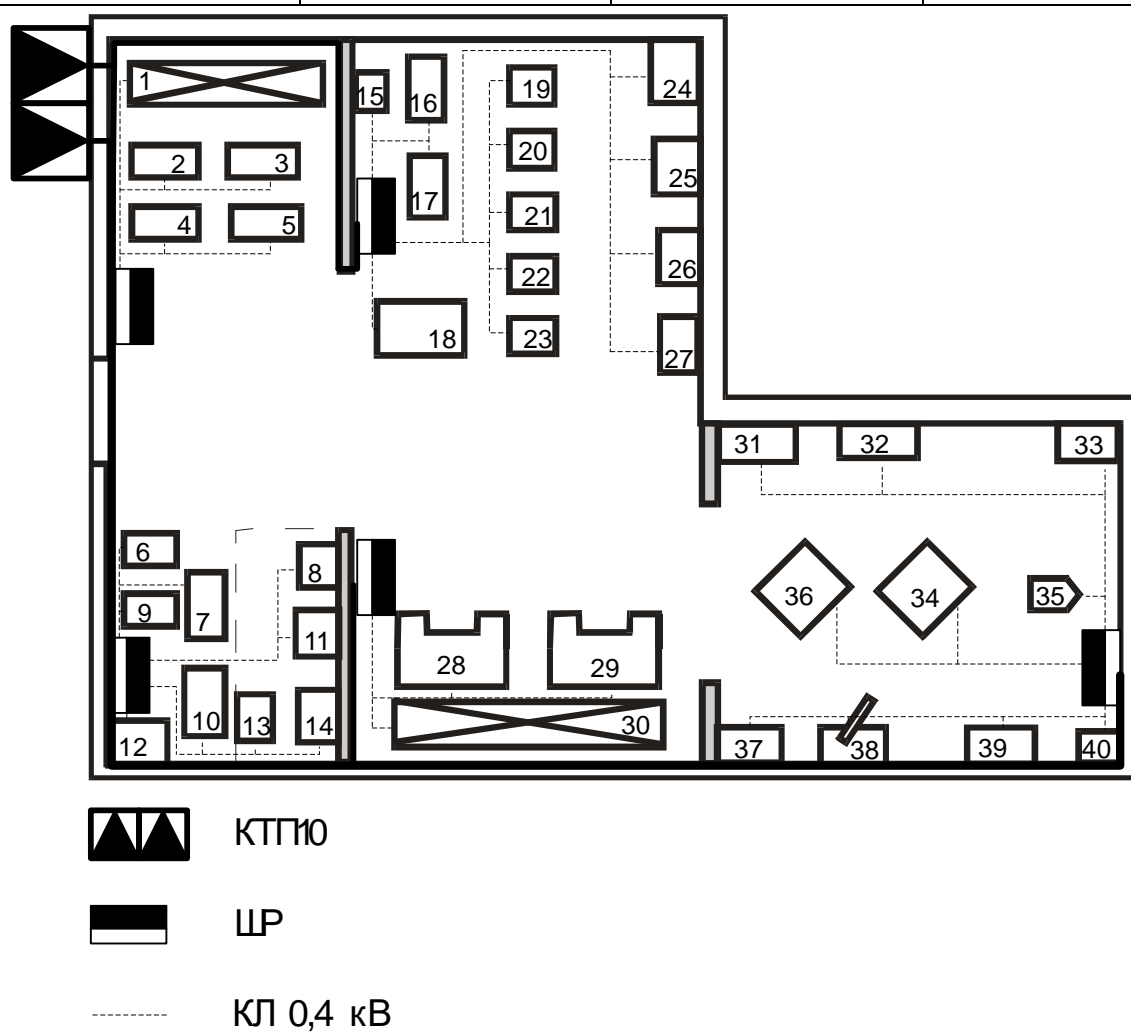


Рисунок 2.1 – Схема питания кузнечного цеха

Таблица 2.2 – Расчет электрических нагрузок цеха методом упорядоченных диаграмм

№ на плане	Электроприемники	Количество ЭП, п	Установленная мощность		K_n	$\cos\phi$	$\tan\phi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		n_3	K_M/K_M'	Расчетная нагрузка			$I_p = S_p / \sqrt{3} \cdot U_n, A$
			$P_{ном}, кВт$	$\Sigma P_n, кВт$				$P_{см} = K_n \cdot \Sigma P_n, кВт$	$Q_{см} = P_{см} \cdot \tan\phi, кВАр$			$P_p = P_{см} \cdot K_M, кВт$	$Q_p = Q_{см} \cdot K_M', кВАр$	$S_p, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШР1															
ЭП группы А, $K_n < 0,6$															
1	Кран-балка, ПВ=40%	1	19	19	0,10	0,50	1,73	1,9	3,29						
2-5	Фрезерный станок	4	12	48	0,12	0,40	2,29	5,76	13,19						
	Итого по группе А	5	12-19	67	0,11			7,66	16,48	5	3,03/1,1	23,21	18,13		
	Итого по ШР1 1	5	12-19	67								23,21	18,13	29,45	44,75
ШР2															
ЭП группы А, $K_n < 0,6$															
18	Пресс	1	50	50	0,25	0,65	1,17	12,5	14,63						
19-23, 25	Токарный станок	6	12	72	0,13	0,50	1,73	9,36	16,19						
24	Сварочный трансформатор, ПВ=25%	1	10	10	0,20	0,40	2,29	2	4,58						

Продолжение таблицы 2.2

26	Шлифовальный станок	1	8	8	0,14	0,40	2,29	1,12	2,56						
	Итого по группе А	9	10-50	140	0,18			24,98	37,96	6	2,44/1,1	60,95	41,76		
ЭП группы Б, К_н≥0,6															
15, 27	Сушильный шкаф	2	24	48	0,75	0,95	0,33	36	11,88						
16, 17	Закалочная печь	2	30	60	0,85	0,95	0,33	51	16,83						
	Итого по группе Б	4	24-30	108				87	28,71			87	28,71		
	Итого по ШР 2	13	10-50	248								147,95	70,47	163,88	248,98
ШР3															
ЭП группы А, К_н<0,6															
6-8, 10, 11	Трубогибочный станок	5	10	50	0,13	0,40	2,29	6,5	14,885						
9	Шлифовальный станок	1	8	8	0,14	0,40	2,29	1,12	2,5648						
12-14	Сварочный трансформатор, ПВ=25%	3	10	30	0,20	0,40	2,29	6	13,74						
	Итого по группе А	9	8-10	88	0,15			13,62	31,19	9	2,20/1,1	29,96	34,31		
	Итого по ШР 3	9	8-10	88								29,96	34,31	45,55	69,21
ШР4															
ЭП группы А, К_и<0,6															
28, 29	Электрованна	2	28	56	0,30	0,60	1,33	16,8	22,34						
30	Кран-балка, ПВ=40%	1	19	19	0,10	0,50	1,73	1,9	3,29						
	Итого по группе А	3	19-28	75	0,25			18,7	25,63	3	2,64/1,1	49,37	28,19		
	Итого по ШР 4	3	19-28	75								49,37	28,19	56,85	86,38
ШР5															
ЭП группы А, К_и<0,6															

Продолжение таблицы 2.2

32, 36	Электромолот	2	12	24	0,3	0,60	1,33	7,2	9,58						
34	Токарный станок	1	12	12	0,13	0,50	1,73	1,56	2,69						
35	Обдирочный станок	1	14	14	0,13	0,40	2,29	1,82	4,17						
37	Сверлильный	1	6	6	0,12	0,40	2,29	0,72	1,65						
38	Поворотный кран	1	8	8	0,05	0,50	1,73	0,4	0,69						
	Итого по группе А	6	6-14	64	0,18			11,7	18,78	6	2,34/1,1	27,38	20,66		
ЭП группы Б, К_н≥0,6															
31	Вентилятор	1	8	8	0,75	0,80	0,75	6	4,5						
33, 40	Вентилятор горна	2	14	28	0,75	0,80	0,75	21	15,75						
39	Нагревательная плита	1	20	20	0,80	0,95	0,33	16	5,28						
	Итого по группе Б	4	8-20	56				43	25,53			43	25,33		
	Итого по ШР5	10	6-20	120								70,38	46,19	84,18	127,90
	Итого по цеху силовая	40	6-50									320,87	197,29	376,67	572,29
	Освещение											57,37		57,37	
	Итого по цеху	29	6-120									331,29	197,29	387,69	589,03

Пример расчета электрических нагрузок цеха

Электроприемники ШР1 группы «А».

Найдем среднюю активную нагрузку за наиболее загруженную смену:

Кран-балка ПВ=45%:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot \sum P_{\text{и}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 0,1 \cdot 30 \cdot \sqrt{0,40} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Суммарная активная нагрузка группы «А»:

$$P_{\text{см} \sum A} = \sum_{i=1}^n P_{\text{см}i} = 1,9 + 5,76 = 7,66 \text{ кВт.}$$

Найдем среднюю реактивную нагрузку за наиболее загруженную смену:

Фрезерный станок:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi = 5,76 \cdot 2,29 = 13,19 \text{ кВАр.}$$

Суммарная реактивная нагрузка группы «А»

$$Q_{\text{см} \sum A} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{см}i} = 16,48 \text{ кВАр.}$$

Найдем средневзвешенное значение коэффициента использования по формуле:

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{см} \sum A}}{P_{\text{ном} \sum A}}.$$

где $P_{\text{ном} \sum A}$ – суммарная номинальная мощность всех ЭП группы «А».

$$P_{\text{ном} \sum A} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i} \cdot n_i = 67 \text{ кВт;}$$

$$K_{\text{и.ср}} = \frac{P_{\text{см} \sum A}}{P_{\text{ном} \sum A}} = \frac{7,66}{67} = 0,11.$$

Найдем эффективное число электроприёмников $n_{\text{э}}$. Но для начала необходимо вычислить коэффициент m (показатель силовой сборки в группе).

$$m = \frac{P_{\text{ном max}}}{P_{\text{ном min}}},$$

где $P_{\text{ном max}}$ – наибольшая мощность ЭП;

$P_{\text{ном min}}$ – наименьшая мощность ЭП.

$$m = \frac{P_{\text{ном max}}}{P_{\text{ном min}}} = \frac{19}{12} < 3.$$

Далее, используя табл. 1.8 [2], находим значение коэффициента максимума $K_m = f(n, K_n) = 3,03$.

1. Найдем расчетные активную, реактивную и полную мощности группы «А».

Расчетная активная мощность группы «А»:

$$P_p = K_m \cdot P_{\text{см} \sum A} = 3,03 \cdot 7,66 = 23,21 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная мощность группы «А»:

$$Q_p = K'_m \cdot Q_{\text{см} \sum A} = 1,1 \cdot 16,48 = 18,13 \text{ кВАр.}$$

Все результаты сводим таблицу 2.2

2.3 Определение осветительной нагрузки кузнечного цеха

Рассчитаем площадь цеха:

$$a = 1,3 \text{ см}; b = 0,45 \text{ см}; c = 0,5 \text{ см}; d = 0,75 \text{ см}.$$

$$F = a \cdot b + c \cdot d = 1,3 \cdot 0,45 + 0,5 \cdot 0,75 = 0,96 \text{ см}^2.$$

$$m - (1:30).$$

Площадь кузнечного цеха:

$$F = (a \cdot b) \cdot m^2 = (1,3 \cdot 0,45 + 0,5 \cdot 0,75) \cdot 30^2 = 4500 \text{ м}^2,$$

Для кузнечного цеха: $P_{\text{уд.п.}} = 15 \text{ Вт/м}^2$. – (инструментальные цеха)

удельная плотность осветительной нагрузки.[2]

Расчётная нагрузка осветительных приёмников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{\text{р.о}} = K_{\text{с.о}} \cdot P_{\text{н.о}} = K_{\text{с.о}} \cdot P_{\text{уд.о}} \cdot F (\text{кВт}).$$

Номинальная активная мощность:

$$P_{\text{н.о}} = P_{\text{уд.п.}} \cdot F = 0,015 \cdot 4500 = 67,5 \text{ кВт}.$$

Коэффициент спроса осветительной нагрузки для производственных зданий, состоящих из одного помещения: $K_{\text{с.о.}} = 0,85$

$$P_{\text{р.о}} = K_{\text{с.о}} \cdot P_{\text{н.о}} = 0,85 \cdot 67,5 = 57,37 \text{ кВт}.$$

Полная расчетная нагрузка цеха (с учетом освещения):

$$S_{\text{р}\Sigma} = \sqrt{(P_{\text{р}} + P_{\text{р.о}})^2 + (Q_{\text{р}})^2} = \sqrt{(320,87^2 + 57,37^2) + (197,29)^2} = 387,69 \text{ кВА}.$$

2.4 Определение расчетной нагрузки каждого цеха и всего предприятия с учетом осветительной нагрузки

Расчет будет производиться на примере термического отделения 1.

Определение расчетной активной и реактивной нагрузки каждого цеха предприятия определяются следующим образом:

$$P_p = K_c \cdot P_n = 0,6 \cdot 800 = 480 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 480 \cdot 0,88 = 423,32 \text{ кВар},$$

где P_n - суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

K_c - коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;

$\operatorname{tg} \varphi$ - принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Расчетная осветительная нагрузка $P_{p.o.}$ определяется по формуле:

$$P_{p.o.} = P_{n.o.} \cdot K_{c.o.} = 93,6 \cdot 0,85 = 79,56 \text{ кВт},$$

где $P_{n.o.}$ - номинальная мощность осветительной нагрузки;

$K_{c.o.}$ - коэффициент спроса осветительной нагрузки, принимаемый по справочным данным.

Номинальная мощность осветительной нагрузки определяется согласно следующему выражению:

$$P_{n.o.} = P_{уд.o.} \cdot F = 13 \cdot 10^{-3} \cdot 7200 = 93,6 \text{ кВт},$$

где $P_{уд.o.}$ - удельная нагрузка на 1 м² площади цеха;

F - площадь цеха, м².

Тогда полная расчетная нагрузка цеха:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o.})^2 + (Q_p + Q_{p.o.})^2} = \sqrt{(480 + 93,6)^2 + (423,32)^2} = 701,64 \text{ кВА}.$$

Результаты расчетов по определению расчетной нагрузки остальных цехов предприятия приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расчет электрических нагрузок предприятия

№	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка					Силовая+Осветительная нагрузка		
	P _Н	K _С	cosφ	tgφ	P _Р	Q _Р	F	P _{уд}	P _{н.о.}	K _{с.о.}	P _{р.о.}	P _{р.о.} + P _Р	Q _Р	S _Р
	кВт				кВт	кВар	м²	Вт/м²	кВт		кВт	кВт	кВар	кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	800	0,60	0,75	0,88	480	423,32	7200	13	93,6	0,85	79,56	559,56	423,32	701,64
2	400	0,50	0,75	0,88	200	176,38	18000	12	216	0,85	183,6	383,6	176,38	422,20
3	660	0,50	0,75	0,88	330	291,03	18000	11	198	0,85	168,3	498,3	291,03	577,06
4	500	0,50	0,70	1,02	250	255,05	33300	12	399,6	0,85	339,66	589,66	255,05	642,45
5	400	0,50	0,70	1,02	200	204,04	30375	11	334,12	0,85	284,00	484,00	204,04	525,25
6	250	0,50	0,75	0,88	125	110,23	8100	15	121,5	0,85	103,27	228,27	110,23	253,50
7	190	0,50	0,70	1,02	95	96,91	5400	11	59,4	0,85	50,49	145,49	96,91	174,81
8	490	0,60	0,75	0,88	294	259,28	13500	13	175,5	0,85	149,17	443,17	259,28	513,45
9	180	0,50	0,70	1,02	90	91,81	9000	20	180	0,85	153	243	91,81	259,76
10	-	-	-	-	320	197,29	4500	11	49,5	0,85	42,07	331,29	197,29	387,69
11	120	0,40	0,80	0,75	48	36	3600	11	39,6	0,6	23,76	71,76	36	80,28

Продолжение таблицы 2.3

12	320	0,50	0,75	0,88	160	141,10	3600	16	57,6	0,8	46,08	206,08	141,10	249,76
13	450	0,60	0,75	0,88	270	238,11	5400	13	70,2	0,85	59,67	329,67	238,11	406,67
14	85	0,60	0,75	0,88	51	44,97	5400	13	70,2	0,85	59,67	110,67	44,97	119,46
Освещение территории							320625	0,16	51,3	1	51,3	51,3	0	51,3
Итого по 0,38 кВ					2913	2565,58					1793,62	4706,62	2565,58	5389,98
14 СД	1000	0,6	0,9	0,48	600	0						600	0	600
Итого по заводу:												5306,62	2124,45	5894,27

На данном этапе можно приближенно определить потери мощности в трансформаторах цеховых ТП и высоковольтной сети как:

$$\Delta P_{\tau} = 0,02 \cdot S_p'' = 0,02 \cdot 5389,98 = 107,79 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\tau} = 0,1 \cdot S_p'' = 0,1 \cdot 5389,98 = 538,99 \text{ кВар};$$

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,03 \cdot S_p'' = 0,03 \cdot 5389,98 = 161,69 \text{ кВт}.$$

Тогда значение полной мощности на шине 10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2} = \sqrt{4830,45^2 + 2848,01^2} = 5607,53 \text{ кВА},$$

где суммарные расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 10 кВ ГПП, определяются из выражений:

$$\begin{aligned} P_{p\Sigma} &= \Sigma P_p \cdot K_{p.m.(a)} + P_{p.o.} + \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\tau} = \\ &= 2913 \cdot 0,95 + 1793,62 + 161,69 + 107,79 = 4830,45 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

$$Q_{p\Sigma} = \Sigma Q_p \cdot K_{p.m.(p)} + \Delta Q_{\tau} = 2565,58 \cdot 0,9 + 538,99 = 2848,01 \text{ кВар}.$$

где $K_{p.m.}$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, принимаемый в пределах 0,9-0,95;

$K_{p.m.(a)} = 0,95$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузок для активной мощности;

$K_{p.m.(p)} = 0,9$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузок для реактивной мощности.

Полная расчетная мощность предприятия со стороны ВН трансформаторов ГПП определяется по формуле:

$$S_{p.ГПП} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\tau})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{\tau} - Q_{\text{кв}})^2}.$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются по формуле:

$$\Delta P_{\tau.ГПП} = 0,02 \cdot S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 5607,53 = 112,15 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\tau.ГПП} = 0,1 \cdot S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 5607,73 = 560,77 \text{ кВар}.$$

Из сети энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок для 35 кВ :

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} = 0,24 \cdot 4830,45 = 1159 \text{ кВар},$$

где $\alpha = 0,24$ для величины напряжения питающей сети 35 кВ;

$P_{p\Sigma}$ - суммарная нагрузка с учетом потерь мощности в трансформаторах и линиях ВН и коэффициентов разновременности максимумов нагрузки.

Мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{кy}} = Q_{p\Sigma} - Q_c = 2848,01 - 1159 = 1689 \text{ кВар.}$$

Следовательно:

$$S_{\text{p.гпп}} = \sqrt{(4830,45 + 112,15)^2 + (2848,01 + 560,77 - 1689)^2} = 5233,25 \text{ кВА.}$$

2.5 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Как правило, ГПП рекомендуется устанавливать в центре электрических нагрузок предприятия, это является наиболее оптимальным решением в экономическом плане.

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определённом масштабе соответствуют расчётным нагрузкам цехов [1].

На генплан завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_i и y_i для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок предприятия x_0 и y_0 определяются по следующим формулам:

$$x_0 = \frac{\sum P_{Pi} \cdot x_i}{\sum P_{Pi}};$$
$$y_0 = \frac{\sum P_{Pi} \cdot y_i}{\sum P_{Pi}},$$

где x_i и y_i - координаты центра электрической нагрузки i -того цеха;

P_{Pi} - расчетная активная мощность i -ого цеха с учетом осветительной нагрузки, кВт.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяем из выражения:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m}},$$

где P_{Pi} - расчетная активная мощность i -ого цеха с учетом освещения, кВт;

m - масштаб для определения площади круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов предприятия).

Можно принять, что нагрузка распределена по цеху равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане. Осветительную нагрузку наносим в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора (α) определяем из

соотношения полных расчётных (P_{pi}) и осветительных нагрузок ($P_{p.o.}$) цехов [1]:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o.}}{P_{pi}}.$$

Расчетные данные для построения картограммы нагрузок сведены в таблицу 2.4 и 2.5.

Таблица 2.4. – Данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха по генплану	P_{pi} , кВт	$P_{p.o.}$, кВт	r , мм	a , град	x_i , м	y_i , м	$P_{pi}x_i$	$P_{pi}y_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Потребители 0,4 кВ							
1	559,56	79,56	13,34	51,18	660	480	369309	268588
2	383,6	183,6	11,05	172,30	570	420	218652	161112
3	498,3	168,3	12,59	121,58	690	420	343827	209286
4	589,66	339,66	13,70	207,36	660	270	389175	159208
5	484,00	284,00	12,41	211,24	540	180	261363	87121
6	228,27	103,27	8,52	162,86	240	180	54786	41089
7	145,49	50,49	6,80	124,93	30	420	4364	61105
8	443,17	149,17	11,88	121,17	540	135	239314	59828
9	243	153	8,79	226,66	600	90	145800	21870
10	331,29	42,07	10,73	41,83	390	90	141209	32586
11	71,76	23,76	4,78	119,19	180	360	12916	25833

Продолжение таблицы 2.4

12	206,08	46,08	8,10	80,49	390	390	80371	80371
13	329,67	59,67	10,24	65,15	60	270	19780	89010,9
14	110,67	59,67	5,93	194,10	60	180	6640	19920
	Потребители 10 кВ							
14	600	-	13,82	-	60	180	36000	108000
Итого:	5255,32						2323510	1424933

Цех (№1):

Радиус окружности:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{pl} + P_{p.o.1}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{559,56}{\pi \cdot 1}} = 13,55 \text{ мм.}$$

Угол сектора осветительной нагрузки:

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o.}}{P_{pl} + P_{p.o.1}} = \frac{360^\circ \cdot 79,56}{559,56} = 51,18 \text{ град.}$$

Координаты центра электрических нагрузок предприятия:

$$x_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot x_i}{\sum P_{pi}} = \frac{2323510}{5255,32} = 442 \text{ м;}$$

$$y_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot y_i}{\sum P_{pi}} = \frac{1424933}{5255,32} = 271 \text{ м.}$$

ЦЭН следует рассматривать, как условный центр, т.к. его положение обусловлено постоянным изменением технологического процесса. Поэтому необходимо определять зону рассеяния центра электрических нагрузок.

Дисперсия случайных координат:

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_{xi} \cdot (x_i - x_0)} = \sqrt{4200,02} = 64,81;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_{yi} \cdot (y_i - y_0)} = \sqrt{352,49} = 18,77.$$

Мера мощности случайной величины:

$$h_x = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sigma_x} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 64,81} = 0,01; h_y = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sigma_y} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 18,77} = 0,03.$$

Определение полуоси эллипса:

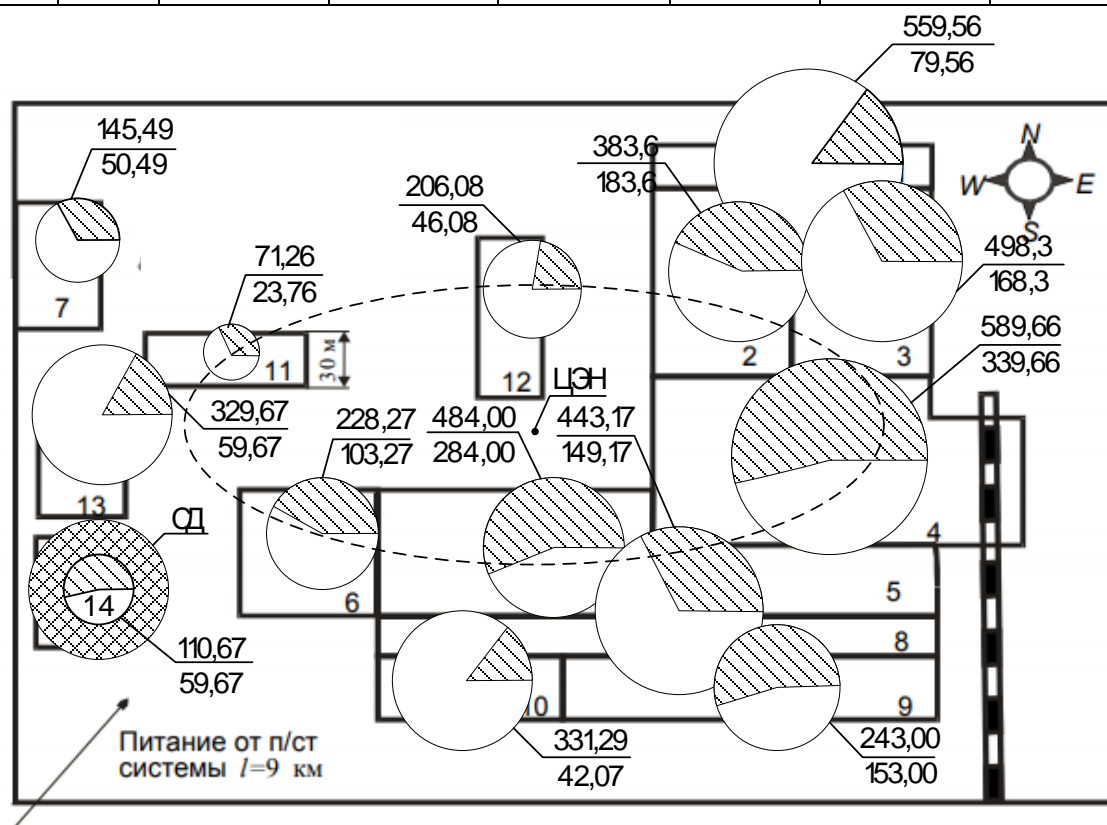
$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x} = \frac{\sqrt{3}}{0,01} = 173 \text{ (м)}; R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y} = \frac{\sqrt{3}}{0,03} = 58 \text{ (м)}.$$

Таблица 2.5 – Данные для построения картограммы нагрузок

№	x _i , м	y _i , м	P _{Pi} x _i	P _{Pi} y _i	(x _i -m _x) ² , м	(y _i -m _y) ² , м	P _{Pxi} (x _i - m _x) ² , м	P _{Pyi} (y _i - m _y) ² , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Потребители 0,4 кВ							
1	660	480	369309	268588	47524	43681	26592529	24442140
2	570	420	218652	161112	16384	22201	6284902	8516303
3	690	420	343827	209286	61504	22201	30647443	11062758
4	660	270	389175	159208	47524	1	28023001	589
5	540	180	261363	87121	9604	8281	4648396	4008055
6	240	180	54786	41089	40804	8281	9314533	1890345
7	30	420	4364	61105	169744	22201	24696054	3230023
8	540	135	239314	59828	9604	18496	4256252	8196964
9	600	90	145800	21870	24964	32761	6066252	7960923
10	390	90	141209	32586	2704	32761	979050	11861939
11	180	360	12916	25833	68644	7921	4925893	568410

Продолжение таблицы 2.5

12	390	390	80371	80371	2704	14161	557240	2918298
13	60	270	19780	89010,9	145924	1	48106765	329
14	60	180	6640	19920	145924	8281	16149409	916458
Потребители 10 кВ								
14	60	180	36000	108000	145924	8281	11721840 0	44064600
			2323510	1424933			32846612 4	12963814 1



ЦЭН Центр электрических нагрузок

Электрическая нагрузка до 1000 В

206,08 Кажущаяся нагрузка цеха, кВт

46,08 Расчетная активная мощность освещения, кВт

Рисунок 2.2 – Генплан завода с картограммой нагрузок

2.6 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

Номинальные мощности трансформаторов определяются плотностью нагрузки цехов и выбираются обычно одинаковыми для всей группы цехов согласно данным загрузки в нормальном режиме и с учетом минимального необходимого резервирования в послеаварийном режиме.

Удельная плотность нагрузки для заданного предприятия:

$$\sigma = \frac{S_p}{F_{\text{ц}}} = \frac{5389,98}{165375} = 0,03.$$

где S_p - суммарная мощность предприятия;

$F_{\text{ц}}$ - суммарная площадь цехов, м^2 .

Для данной плотности нагрузки намечаем использование трансформаторов мощностью 1000 кВА. Данный выбор объясняется тем, что предприятие имеет небольшое количество цехов небольшой мощности, и равномерное распределение нагрузки проще будет выполнить трансформаторами большей мощности, но меньшим количеством.

Минимальное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_{\text{min}} = \frac{P_{\text{расч.нн}}}{\beta_{\text{т}} \cdot S_{\text{тр}}} = \frac{4706,62}{0,8 \cdot 1000} = 5,88 \approx 6.$$

где $P_{\text{расч.нн}}$ - суммарная расчетная нагрузка с учетом освещения, подведенная к трансформаторам, МВт;

$\beta_{\text{т}} = 0,7 - 0,8$ коэффициент загрузки для потребителей II категории;

$S_{\text{тр}}$ - номинальная мощность одного трансформатора, МВА.

Согласно [2] для второй категории потребителей необходима установка двухтрансформаторных подстанций. В предварительном выборе трансформаторов расчёт коэффициента загрузки производим по активной мощности.

Активная нагрузка, приходящаяся на 1 трансформатор:

$$P_1 = \frac{P_{\text{расч.нн}}}{N_{\text{min}}} = 784,4 \text{ кВт.}$$

Таблица 2.6 - Число трансформаторов в цехе

Наименование	Суммарная расчетная нагрузка с учетом освещения, кВт	Минимальное число трансформаторов
1	2	3
1. Термическое отд.1	559,56	0,97
2. Заготовительный	383,6	0,67
3. Сверлильный	498,3	0,87
4. Цех плашек	589,66	1,03
5. Цех метчиков	484,00	0,84
6. Деревообрабатывающий	228,27	0,39
7. Ремонтно-механический	145,49	0,25
8. Термическое отд.2	443,17	0,77
9. Испытательная станция	243	0,42
10. Кузнечный	331,29	0,57
11. Склад	71,76	0,12
12. Заводоуправление	206,08	0,36
13. Насосная	329,67	0,57
14. Компрессорная:	110,67	0,19

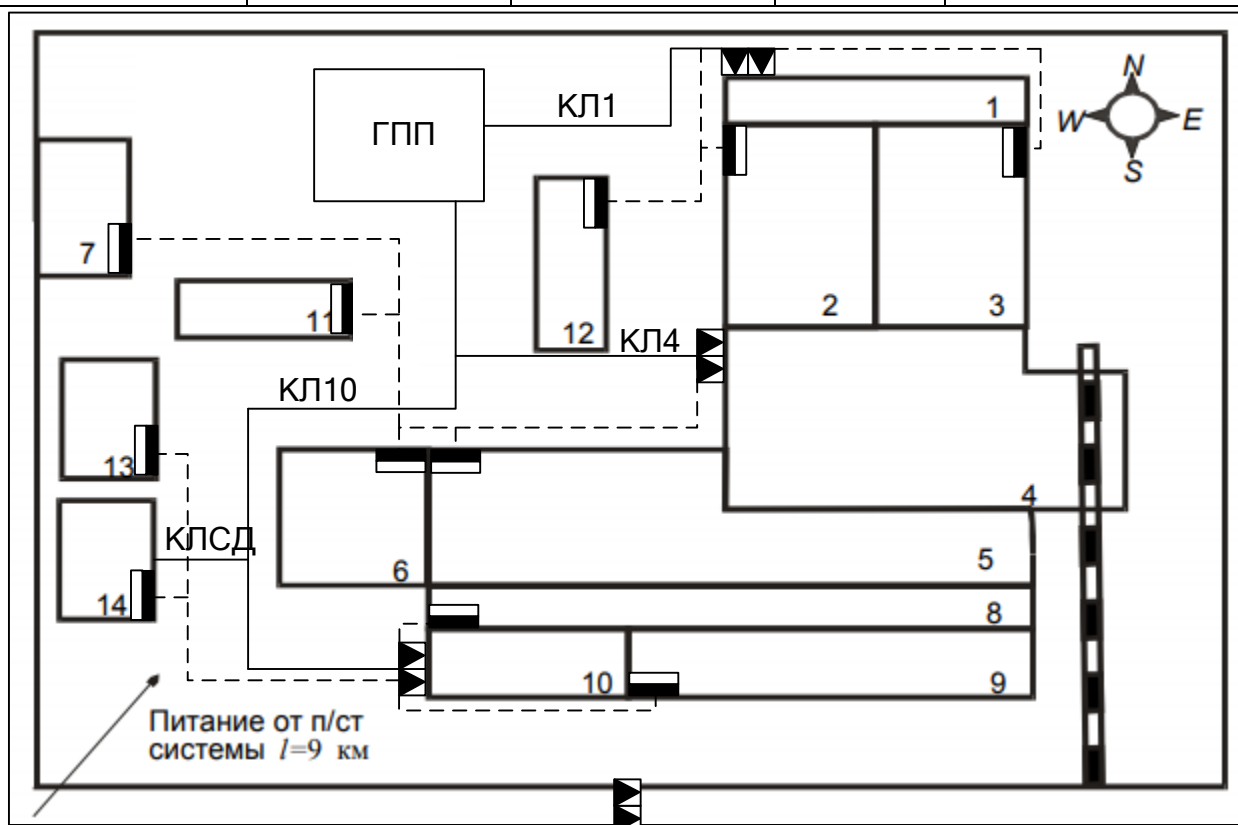
Из таблицы видно, на какие цеха приходится наибольшая нагрузка, поэтому устанавливаем КТП в 1, 4, и 10 цехах. Выбираем трансформаторы двухобмоточные масляные типа ТМ-1000/10/0,4 [3].

Таблица 2.7 – Параметры трансформаторов цеховых КТП

Тип	$S_{\text{ном}},$ кВА	$U_{\text{ном}},$ кВ		$U_{\text{к}},\%$	$P_{\text{кз}},$ кВт	$P_{\text{хх}},$ кВт	$I_{\text{х}},\%$	Схема и группа соединения обмоток
		ВН	НН					
ТМ-1000/10-У1	1000	10	0,4	5,5	11	2,45	1,4	Δ -Y ₀ -11

Таблица 2.8 – Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

Наименование пункта питания	Потребители электроэнергии	Место расположения пункта питания на генплане	P_p , кВт	Кол-во и мощность трансформаторов
КТП-1	Цех 1, 2, 3, 12	Цех 1	1647,54	2x1000 кВА
КТП-4	Цех 4, 5, 6, 7, 11	Цех 4	1519,18	2x1000 кВА
КТП-10	Цех 8, 9, 13, 14	Цех 10	1457,8	2x1000 кВА



- ГПП — Главная понижающая подстанция
- ЦТП — Цеховая трансформаторная подстанция
- РУ — Распределительное устройство до 1000 В
- — — — — Распределительная сеть выше 1000 В
- — — — — Распределительная сеть до 1000 В

Рисунок 2.3 – Генплан завода с картограммой нагрузок

2.7 Схема внешнего электроснабжения предприятия

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности ЭП.

Экономически целесообразное напряжение питающей линии ГПП можно оценить по формуле Илларионова:

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{9} + \frac{2500}{4,830}}} = 41,77 \text{ кВ},$$

где L - расстояние от источника питания, км;

P - передаваемая мощность, равная расчетной нагрузке предприятия, МВт.

Принимаем напряжение питающей линии ГПП $U = 35$ кВ.

Согласно всем требованиям, предъявляемым к схемам ГПП, на стороне ВН ГПП (35 кВ) принимаем схему 4Н - два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий, а на НН ГПП (10 кВ) схему обходную систему шин, секционированную вакуумным выключателем с устройством АВР [6].

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы по двум ВЛЭП напряжением 35 кВ. ГПП размещается на территории предприятия в соответствии с расчетным центром электрических нагрузок (рисунок 2.4.1).

Мощность трансформаторов на ГПП определяем по формуле:

$$S_{\text{н.тр.}} = \frac{S_{\text{р.гпп}}}{N_{\text{тр}} \cdot \beta_{\text{тр}}},$$

где $S_{\text{р.гпп}}$ - полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;

$\beta_{\text{тр}} = 0,7$ - коэффициент загрузки трансформаторов ГПП.

$$S_{\text{н.тр.}} = \frac{S_{\text{р.гпп}}}{N_{\text{тр}} \cdot \beta_{\text{тр}}} = \frac{5233,25}{2 \cdot 0,7} = 3738 \text{ кВА.}$$

Полученное значение $S_{\text{н.тр.}}$ округляем до ближайшего большего типа ТМН – 4000-35/11 [7]. Паспортные данные трансформатора представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 - Паспортные данные трансформатора ТМН – 6300-35/10

Тип трансформатора	$S_{\text{ном,}}$ кВА	$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ	$U_k,$ %	$P_{\text{кз,}}$ кВт	$P_{\text{хх,}}$ кВт	$I_x,$ %	Группа соединения обмоток
ТМН – 4000/35	4000	35/11	7,5	33,5	6,7	1,0	Y-Δ-11

С учетом того, что в нормальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов ГПП для электроснабжения предприятия II категории принимается равным 0,7, в послеаварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40 %) должен обеспечить полностью необходимую мощность предприятия.

Проверяем трансформаторы ГПП на условие работы в послеаварийном режиме следующим образом:

$$S_{\text{р.гпп}} = 5233,25 \text{ кВА} < 1,4 \cdot S_{\text{н.тр.}} = 1,4 \cdot 4000 = 5600 \text{ кВА.}$$

Условие выполнено.

Питающие линии выполняются проводом АС. Выбор сечения провода производим по нагреву расчетным током.

Расчетный ток, приходящийся на одну линию в нормальном режиме:

$$I_p = \frac{S_{\text{рГПП}}}{2\sqrt{3}U_H}.$$

В аварийном режиме:

$$I_{ав} = \frac{S_{рГПП}}{2\sqrt{3}U_H}.$$

Тогда:

$$I_p = \frac{5233,25}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 43,16 \text{ A};$$

$$I_{ав} = \frac{5233,25}{\sqrt{3} \cdot 35} = 86,32 \text{ A}.$$

Выбираем провод АС-35/6,2 с допустимым током 175 А. Меньше сечение недопустимо согласно условию механической прочности.

Выбранное сечение необходимо проверить по следующим условиям:

- По допустимой токовой нагрузке и по перегрузочной способности (в послеаварийном и ремонтном режиме при отключении одной из питающих линий).

$$I_{расч} \leq I_{доп};$$

$$1,3 \cdot I_{доп} \geq I_{p.max},$$

где 1,3 – коэффициент допустимой перегрузки линии.

$$43,16 \text{ A} < 175 \text{ A};$$

$$1,3 \cdot 175 = 227,5 \text{ A} > 86,32 \text{ A}.$$

- По условиям механической прочности:

Согласно условию механической плотности на воздушных линиях выше 1кВ могут применяться сталеалюминевые провода сечением не менее 35 мм².

$$F_{расч} = 35 \text{ мм}^2 > F_{min} = 35 \text{ мм}^2.$$

- По допустимой потере напряжения:

$$L_{доп} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{доп\%} \cdot k_3 \geq L,$$

где $l_{\Delta U 1\%}$ - длина линии при полной нагрузке на 1 % потери напряжения, км;

$\Delta U_{доп\%}$ - допустимая потеря напряжения, % ($\Delta U_{доп\%} = 5\%$, $\Delta U_{доп.ав\%} = 10\%$);

$k_3 = \frac{I_{доп}}{I_p}$ - коэффициент, обратный коэффициенту загрузки линии;

$L_{\text{доп}}$ - допустимая длина линии, км;

L - фактическая длина линии, км.

Принимаем $I_{\Delta U 1\%} = 1,34$ км [1].

Нормальный режим:

$$L_{\text{доп}} = I_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_3 = 1,34 \cdot 5 \cdot \frac{175}{43,16} = 26,17 \text{ км.}$$

Послеаварийный режим:

$$L_{\text{доп}} = I_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}\%} \cdot k_3 = 1,34 \cdot 10 \cdot \frac{175}{86,32} = 26,17 \text{ км.}$$

В обоих случаях $L_{\text{доп}} = 26,17 \text{ км} > L = 9 \text{ км}$, следовательно, условие выполняется.

- По условиям коронирования проводов ВЛЭП напряжением 35 кВ не проверяются.

Таким образом, оставляем намеченное сечение проводами марки АС – 35/6,2 на металлических двухцепных опорах для электроснабжения завода железобетонных конструкций от подстанции энергосистемы напряжением 35 кВ. На ГПП устанавливаются два трансформатора типа ТМН – 4000-35/10.

2.8 Схема внутривародской распределительной сети 10 кВ

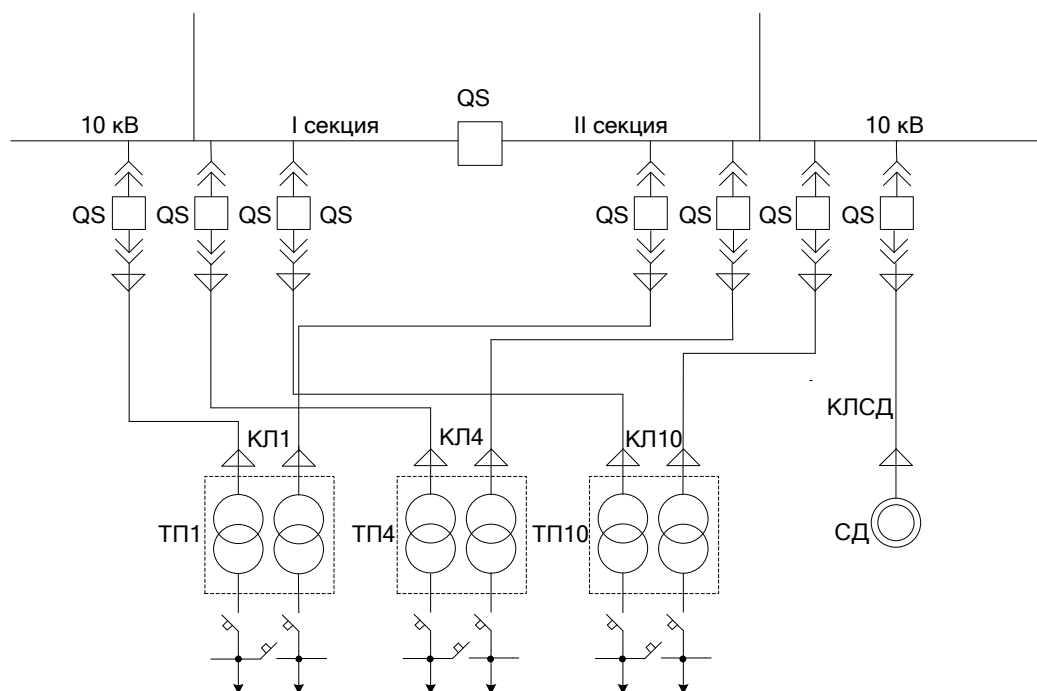


Рисунок 2.4 – Однолинейная схема внутривародской распределительной сети

Сечения жил кабелей в сетях выше 1000 В выбираются по экономической плотности тока:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{р}}}{j_{\text{эк}}},$$

где $I_{\text{р}}$ – расчетный ток, А;

$j_{\text{эк}}$ - нормированная плотность тока, А/мм² [10]. Полученное значение округляется до ближайшего стандартного, для которого по табл. 1.3.4 – 1.3.22 ПУЭ определяется допустимый длительный ток.

Намечаем прокладку кабельных линий кабелями с бумажной изоляцией. Ниже приведен пример выбора и проверки сечения для линии КЛ4, питающей КТП-4 от шин ГПП.

Расчетный ток КЛ1:

$$I_{\text{р}} = \frac{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{n_{\text{лин}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{2 \cdot 1000}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 57,74 \text{ А},$$

где $n_{\text{лин}}$ - число питающих линий.

Экономическое сечение:

$$F_{\text{эк}} = \frac{57,74}{1,2} = 48,11 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение $S = 50 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 140 \text{ А}$.

Выбранные сечения должны быть проверены по следующим условиям:

1) По нагреву максимальным рабочим током и током послеаварийного режима.

Длительно допустимый ток кабеля $I_{\text{доп}}$, соответствующий выбранному по нормированной плотности сечению, должен обеспечить по тепловому нагреву прохождение по линии максимального расчетного тока по выражению:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_1 \cdot K_2},$$

где K_1 , K_2 – коэффициенты, учитывающие влияние температур окружающей среды и влияние рядом проложенных кабельных линий, соответственно [9].

Согласно нашим условиям $K_1 = 1$, $K_2 = 1$.

Тогда

$$I_{\text{доп}} = 140 \text{ А} \geq \frac{I_p}{K_1 \cdot K_2} = \frac{57,74}{1 \cdot 1} = 57,74 \text{ А}.$$

Условие выполнено.

Сечение жил линий, которые могут работать в послеаварийных режимах с перегрузкой, выбирают по условию:

$$K_{\text{пер}} \cdot I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{п.а}}}{K_1 \cdot K_2},$$

где $I_{\text{п.а}}$ - расчетный ток линии в послеаварийном режиме;

$K_{\text{пер}}$ - кратность перегрузки, для нашего случая $K_{\text{пер}} = 1,2$ [9].

Ток линии в послеаварийном режиме равняется двойному току нормального режима.

Тогда

$$K_{\text{пер}} \cdot I_{\text{доп}} = 1,2 \cdot 140 = 168 \text{ А} \geq \frac{I_{\text{п.а}}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{2 \cdot 57,74}{1 \cdot 1} = 115,48 \text{ А}.$$

Условие выполнено.

Предварительно намечаем кабель марки ААШв – 3х50, способ прокладки кабеля в траншее [10].

Линия ГПП-СД:

$$I_p = \frac{P_{\text{НОМ.СД}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \eta_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_{\text{НОМ}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 66,90 \text{ А}.$$

Экономическое сечение:

$$F_{\text{эк}} = \frac{66,90}{1,2} = 55,75 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение $S = 70 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 165 \text{ А}$.

Проверку по тепловому режиму с учетом поправочных коэффициентов на условия прокладки проводим аналогичным образом.

Послеаварийного режима нет, проверка не нужна.

2) По нагреву от кратковременного выделения тепла током КЗ – фактор термической стойкости.

Проверка проводников на термическую стойкость при КЗ заключается в определении их температуры нагрева к моменту отключения КЗ и сравнении этой температуры с предельно допустимой температурой нагрева при КЗ. Проводник удовлетворяет условию термической стойкости, если температура нагрева проводника к моменту отключения КЗ не превышает его предельно допустимую температуру нагрева.

Этот этап проверки проведем после расчетов токов КЗ. Для остальных кабелей расчет производится аналогично. Сведем данные по предварительному выбору кабелей внутризаводской сети в таблицу 2.10

Таблица 2.10 - Расчет выбора кабелей внутризаводской сети

Номер линии	Назначение линии	Количество линий	Расчетная нагрузка на один кабель		Длина линии l , км	Способ прокладки	$F_{эк}$, мм ²	Допустимая нагрузка на один кабель		Проверка по нагреву		Марка и сечение кабеля, выбранного по условию допустимого нагрева S , мм ²	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	R , Ом	X , Ом
			Норм. режим I_p , А	П.ав. режим $I_{п.а.}$, А				Норм. режим $I_{доп.}$, А	П.ав. режим $1,2I_{доп.}$, А	Норм. режим $\frac{I_p}{K_1 \cdot K_2}$, А	П.ав. режим $\frac{I_{п.а.}}{K_1 \cdot K_2}$, А					
КЛ-1	ГПП-КТП1	2	57,74	115,47	0,27	траншея	48,11	140	168	57,74	115,48	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,169	0,0169
КЛ-4	ГПП-КТП4	2	57,74	115,47	0,3	траншея	48,11	140	168	67,92	135,84	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,188	0,0188
КЛ-10	ГПП-КТП10	2	57,74	115,47	0,72	траншея	48,11	140	168	67,92	135,84	ААШв –3х50	0,625	0,0625	0,45	0,045
КЛ-СД	ГПП-СД	1	66,90	-	0,6	траншея	55,75	165	198	78,71	-	ААШв –3х70	0,447	0,086	0,268	0,0516

2.9 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Расчет токов КЗ проводится в целях проверки элементов электроустановок и выбора аппаратуры на электродинамическую и термическую стойкость, а также уставок срабатывания защит и проверки их на чувствительность.

При расчете токов КЗ принимают следующие допущения, которые не дают существенных погрешностей:

- Трехфазная сеть принимается симметричной;
- Не учитываются токи нагрузки;
- Не учитываются емкостные токи в ВЛ и КЛ;
- Не учитывается насыщение магнитных цепей;
- Не учитываются токи намагничивания трансформаторов.

Расчёт токов КЗ будем проводить для участка распределительной сети 10кВ ГПП –КТП-2,СД. Намечаем на схеме расчетные точки. Составляем расчетную схему:

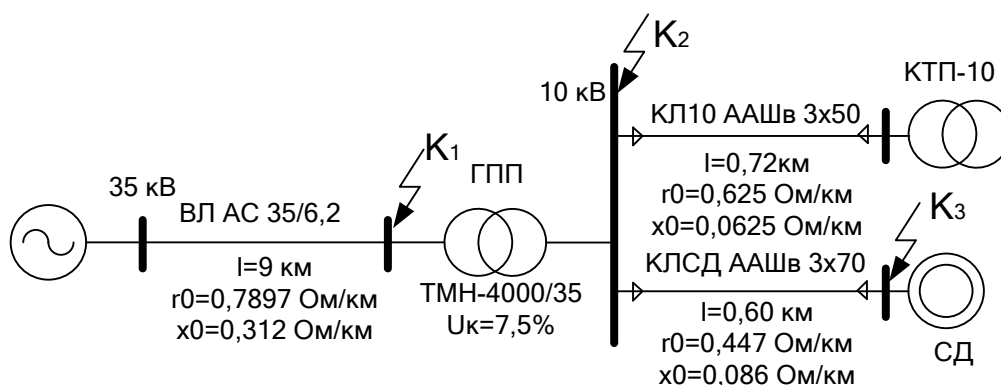


Рисунок 2.5 – Однолинейная расчетная схема для ГПП-КТП10, СД

Расчет ведем в относительных единицах. Для этого все расчётные данные приведем к базисному напряжению и базисной мощности. Величина базисного напряжения превышает номинальное на 5%. Следовательно, используя стандартный ряд базисных напряжений, принимаем $U_{б1} = 37$ кВ, $U_{б2} = 10,5$ кВ [1, стр.147]. За базисную мощность принимаем $S_б = 100$ МВА.

Принимаем, что источник энергосистемы бесконечной мощности $S_c = \infty$ и соответственно индуктивное сопротивление $x_c = 0$.

Расчет параметров:

1. Сопротивления воздушной линии 35 кВ:

$$r_{\text{ВЛ}} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_6}{U_{61}^2} = \frac{0,7897 \cdot 9 \cdot 100}{37^2} = 0,51 \text{ о.е.};$$
$$x_{\text{ВЛ}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_6}{U_{61}^2} = \frac{0,312 \cdot 9 \cdot 100}{37^2} = 0,21 \text{ о.е.},$$

где $l = 9$ км - длина воздушной линии;

U_{61} - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

r_0 - активное сопротивление АС -35;

x_0 - индуктивное сопротивление АС -35.

2. Сопротивление трансформатора ГПП ТМН – 4000/35:

$$x_{\text{ТР}} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{НОМ.ТР}}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{4,0} = 1,87 \text{ о.е.},$$

где $S_{\text{НОМ.ТР}}$ - номинальная мощность трансформатора;

$U_{\text{кз}}$ - напряжение короткого замыкания трансформатора.

Активным сопротивлением пренебрегаем, т.к. трансформатор большой мощности.

3. Сопротивление кабельной линии КЛ-СД:

$$r_{\text{КЛ}} = \frac{r_0 \cdot l \cdot S_6}{U_{62}^2} = \frac{0,447 \cdot 0,6 \cdot 100}{10,5^2} = 0,24 \text{ о.е.};$$
$$x_{\text{КЛ}} = \frac{x_0 \cdot l \cdot S_6}{U_{62}^2} = \frac{0,086 \cdot 0,6 \cdot 100}{10,5^2} = 0,04 \text{ о.е.},$$

где l - длина кабельной линии, км;

U_{62} - базисное напряжение данной ступени трансформации, кВ;

r_0 - активное сопротивление ААШв 3х70;

x_0 - индуктивное сопротивление ААШв 3х70.

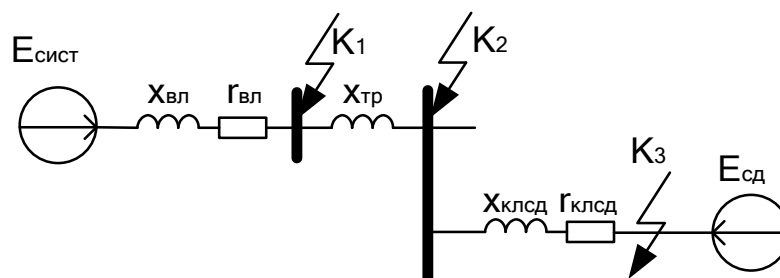


Рисунок 2.6 – Однолинейная схема замещения

Точка КЗ - ток КЗ от СД на его зажимах

Принимаем

$$E'' = 1,1, \quad x_d'' = 0,2$$

$$I_{\text{НОМ.СД}} = \frac{P_{\text{НОМ.СД}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \eta_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_{\text{НОМ}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96 \cdot 0,9} = 66,82 \text{ А.}$$

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = I_{\text{КЗ_СД}} = \frac{E'' \cdot I_{\text{НОМ.СД}}}{x_d''} = \frac{1,1 \cdot 66,82}{0,2} = 0,37 \text{ кА.}$$

Точка К2

Базовый ток

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,49 \text{ кА.}$$

Результирующее сопротивление

$$Z_{\text{РЕЗ2}} = \sqrt{(x_{\text{ВЛ}} + x_{\text{ТР}})^2 + r_{\text{ВЛ}}^2} = \sqrt{(0,21 + 1,87)^2 + 0,51^2} = 2,14 \text{ о.е.}$$

Подпитку токов КЗ от СД в точке К2 не учитываем, так как длина КЛ-СД больше трехсот метров.

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ от системы

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{I_{62}}{Z_{\text{РЕЗ2}}} = \frac{5,49}{2,14} = 2,57 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{КЗК2}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,99 \cdot 2,57 = 7,23 \text{ кА,}$$

где $k_{\text{уд}}$ - ударный коэффициент, определяемый следующим образом:

$$k_{уд} = 1 + e^{-0,01/T_a} = 1 + e^{-0,01/4,07} = 1,99,$$

где $T_a = x / r = 4,07$.

Точка К1

Базовый ток:

$$I_{б1} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{б1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА.}$$

Результирующее сопротивление:

$$Z_{PE31} = \sqrt{x_{БЛ}^2 + r_{БЛ}^2} = \sqrt{0,21^2 + 0,51^2} = 0,55 \text{ о.е.}$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ:

$$I_{КЗ}^{(3)} = \frac{I_{б1}}{Z_{PE31}} = \frac{1,56}{0,55} = 2,84 \text{ кА.}$$

Ударный ток КЗ:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{КЗК1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,96 \cdot 2,84 = 7,87 \text{ кА,}$$

где $k_{уд}$ - ударный коэффициент, определяемый следующим образом:

$$k_{уд} = 1 + e^{-0,01/T_a} = 1 + e^{-0,01/0,41} = 1,96,$$

где $T_a = x / r = 0,41$.

Все данные сведены в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 – Сводная ведомость токов КЗ

Расчетный ток	К1	К2
$I_{КЗ}^{(3)}$	2,84	2,57
$i_{уд}$	7,87	7,23

Проверка КЛ-ТП10 будет проводиться по токам КЗ в точке К2, т.к. по результатам расчета токи короткого замыкания в этой точке выше, чем в конце линии.

Для проверки сечения кабеля на термическую стойкость к токам КЗ используется выражение:

$$F_{\min} \geq \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} \text{ мм}^2,$$

где C_T - коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника, для нашего случая $C_T = 85 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2 [1]$;

B_k - тепловой импульс тока КЗ, $\text{А} \cdot \text{с}^2$.

Тепловой импульс тока короткого замыкания B_k определяется по формуле:

$$B_k = I_{\Pi 0}^2 (t_{\text{пр}} + T_a) = 2,57^2 \cdot (0,055 + 0,013) = 0,5 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с},$$

где $I_{\Pi 0}$ - начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ;

$t_{\text{пр}}$ - приведенное (расчетное) время отключения тока КЗ;

T_a - постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания.

Постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ определяется как:

$$T_a = \frac{x_{\Sigma}}{\omega \cdot r_{\Sigma}} = \frac{2,08}{314 \cdot 0,51} = 0,013 \text{ с},$$

где x_{Σ} , r_{Σ} - результирующее индуктивное и активное сопротивление схемы относительно точки КЗ.

Приведенное время отключения тока КЗ определяется по выражению:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{р.з.}} + t_{\text{откл}} = 0,03 + 0,025 = 0,055 \text{ с},$$

где $t_{\text{р.з.}}$ - время действия релейной защиты, с;

$t_{\text{откл}}$ - полное время отключения вакуумного выключателя равное 0,025 с.

Полное время действия релейной защиты $t_{\text{р.з.}}$ определяется по выражению:

$$t_{\text{р.з.}} = t_{\text{р.з. min}} + \Delta t_c = 0,03 + 0 = 0,03 \text{ с},$$

где $t_{p.з.min}$ - минимальное время срабатывания первой ступени защиты, принимаемое равным $t_{p.з.min} = 0,03$ с [6].

Δt_c - степень селективности, принимается в проекте в зависимости от числа ступеней распределения энергии по территории предприятия.

Тогда

$$F_{min} \geq \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} = \frac{\sqrt{0,5 \cdot 10^6}}{85} = 8,31 \text{ мм}^2,$$

Условие выполнено. Выбранный для КЛ-КТП10 кабель марки ААШв 3х50 проходит по термической стойкости к току КЗ, следовательно, оставляем намеченный кабель.

Выбранное сечение необходимо проверить по потере напряжения:

$$\Delta U_{KL} = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{10 \cdot U_H^2} = \frac{1457,8 \cdot 0,625 \cdot 0,72 + 831,46 \cdot 0,0625 \cdot 0,72}{10 \cdot 10^2} = 0,69 ,$$

где l - длина линии, км;

P , Q - активная и реактивная мощности, передаваемые по линии;

r_0 , x_0 - погонное активное и реактивное сопротивления КЛ, Ом/км.

Относительные потери напряжения считают приемлемыми, если они в послеаварийных режимах работы не превышают в сетях высокого напряжения – 10%. В нашем случае выбранный кабель ААШв 3х35 прошел все этапы проверки и удовлетворяет всем требованиям.

Таблица 2.12 – Результаты проверки кабелей на термическую стойкость

Номер линии	Назначение линии	Количество линий	Марка и сечение кабеля, мм ²	длина линии l , км	S_{min} , мм ² по термической стойкости КЗ	ΔU_{KL} , %
КЛ-1	ГПП-КТП1	2	ААШв-3х50	0,27	8,31	0,29
КЛ-4	ГПП-КТП4	2	ААШв-3х50	0,30	8,31	0,29
КЛ-10	ГПП-КТП10	2	ААШв-3х50	0,72	8,31	0,69
КЛ-СД	ГПП-СД	1	ААШв-3х35	0,60	8,31	0,16

2.10 Выбор ответвлений к ЭП с учетом защитных аппаратов

В комплекс внутрицехового электроснабжения входят питающие и распределительные линии, ШР напряжением до 1 кВ, аппаратура коммутации и защиты сетей и ответвлений к отдельным электроприемникам. Питающие и распределительные сети могут быть выполнены по радиальным, магистральным и смешанным схемам.

Выбор автоматического выключателя для ШР-1:

$$I_{\text{дл}} = 44,75 \text{ А}.$$

$$I_{\text{пуск}} = I_{\text{мах.пуск}} + (I_{\text{дл}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{мах.ном}}) = 320,75 + (44,75 - 0,1 \cdot 64,15) = 359,09 \text{ А},$$

где $I_{\text{мах.пуск}}$ - наибольший из пусковых токов двигателей в группе по паспортным данным;

$I_{\text{мах.ном}}$ - номинальный (приведенный к ПВ = 100%) ток двигателя с наибольшим пусковым током;

$K_{\text{и}}$ - коэффициент использования, характерный для двигателя, имеющего наибольший пусковой ток;

$I_{\text{дл}}$ - расчетный ток нагрузки всей группы электроприемников.

Условия для выбора автоматического выключателя:

$$I_{\text{н.расц}} = 63 \geq 1,1 \cdot I_{\text{дл}} = 49,23 \text{ А};$$

$$I_{\text{кз}} = 630 \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \cdot 359,09 = 448,86 \text{ А}$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА 57-35. Данные выключателя приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Справочные данные ВА 57-35.

Расчетные данные		Справочные данные
$U_{\text{н}} = 0,4 \text{ кВ}$	=	$U_{\text{н}} = 0,4 \text{ кВ}$
$1,1 \cdot I_{\text{дл}} = 49,23 \text{ А}$	<	$I_{\text{н.расц}} = 63 \text{ А}$
$1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 448,86 \text{ А}$	<	$I_{\text{уставки}} = 630 \text{ А}$

Данные выключателей для ШР приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 - Выбор автоматических выключателей для ШР

Наименование ЭП	I _{дл} , А	I _п , А	1,1 * I _{дл} , А	1,25* I _п , А	I _{расц} , А	I _{отс} ,А	Тип
ШР1	44,75	359,09	49,23	448,86	50	500	ВА 57-35
ШР2	248,98	865,77	273,88	1082,21	275	1100	ВА 74-40
ШР3	69,21	254,17	76,13	371,71	80	400	ВА 57-35
ШР4	86,38	456,65	95,02	570,81	100	600	ВА 57-35
ШР5	127,9	386,45	140,69	483,06	160	640	ВА 57-35

Пример выбора автоматического выключателя для пресса:

Номинальный ток определяем по формуле:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}} \cdot \eta},$$

где $P_{\text{ном}}$ - номинальная мощность, кВт;

$U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi_{\text{ном}}$ - номинальный коэффициент мощности;

η - КПД, $\eta=0,8$ – для электроприемников с $P_{\text{ном}} \leq 10$ кВт, а для электроприемников с $P_{\text{ном}} > 10$ кВт $\eta=0,9$.

Получаем:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}} \cdot \eta} = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65 \cdot 0,9} = 129,85 \text{ А};$$

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{пуск}} = 5 \cdot 129,85 = 649,25 \text{ А},$$

где $I_{\text{пуск}}$ - пусковой.

Условия для выбора автоматического выключателя:

$$I_{\text{н.расц}} = 160 \geq 1,15 \cdot I_{\text{дл}} = 149,33 \text{ А};$$

$$I_{\text{кз}} = 1280 \geq 1,5 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,5 \cdot 649,25 = 973,88 \text{ А}.$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА 57-35. Данные выключателя приведены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Справочные данные ВА 57-35

Расчетные данные		Справочные данные
$U_n = 0,4 \text{ кВ}$	=	$U_n = 0,4 \text{ кВ}$
$1,15 \cdot I_{дл} = 149,33 \text{ А}$	<	$I_{н.расц} = 160 \text{ А}$
$1,5 \cdot I_{пуск} = 973,88 \text{ А}$	<	$I_{уставки} = 1280 \text{ А}$

Выбор выключателей электроприемников сводим в таблицу 2.16.

Таблица 2.16 - Выбор автоматических выключателей для электроприемников

Наименование ЭП	$I_{дл}, \text{ А}$	$I_{кр}, \text{ А}$	$1,15 * I_{дл}, \text{ А}$	$1,5 * I_{кр}, \text{ А}$	$I_{расц}, \text{ А}$	$I_{отс}, \text{ А}$	Тип
Кран-балка, ПВ=40%	64,15	320,75	73,77	481,12	80	640	ВА 57-35
Пресс	129,85	649,29	149,33	973,93	160	1280	ВА 57-35
Фрезерный станок	50,64	253,22	58,24	379,83	63	504	ВА 57-35
Трубогибочный станок	47,47	237,39	54,60	356,09	63	504	ВА 57-35
Шлифовальный станок	37,98	189,91	43,68	284,87	50	300	ВА 57-35
Сварочный трансформатор, ПВ=25%	42,20	211,01	48,53	316,52	50	400	ВА 57-35
Вентилятор	18,99	94,95	21,84	142,43	25	150	ВА 57-35
Сушильный шкаф	42,64	213,24	49,04	319,86	50	400	ВА 57-35
Закалочная печь	53,31	266,55	61,30	399,82	63	504	ВА 57-35
Токарный станок	40,51	202,57	46,59	303,86	50	400	ВА 57-35
Сверлильный станок	28,48	142,43	32,76	213,65	40	240	ВА 57-35
Электрованна	78,78	393,90	90,59	590,85	100	600	ВА 57-35
Электромолот	33,76	168,81	38,82	253,22	40	320	ВА 57-35
Поворотный кран	30,38	151,93	34,94	227,90	40	240	ВА 57-35
Вентилятор горна	29,54	147,71	33,97	221,57	40	240	ВА 57-35
Обдирочный станок	59,08	295,42	67,94	443,14	80	480	ВА 57-35
Нагревательная плита	35,54	177,70	40,87	266,55	50	300	ВА 57-35

Выбор распределительных шкафов (ШР)

Распределительные шкафы кузнечного цеха выполнены как в напольном, так и в навесном исполнении. ШР состоят из металлической оболочки со встроенными аппаратами защиты ЭП, приборами и сборными шинами. Устанавливаем шкафы распределения серии, предназначенных для эксплуатации в цепях с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 Гц [1].

Таблица 2.17 – Параметры распределительные шкафов цеха

№ Шкафа	I _р , А	Кол-во отходящих линий, шт	Тип	I _н , А
ШР1	44,75	5	ШР11-73702	250
ШР2	248,98	13	ШР11-73506	400
ШР3	69,21	9	ШР11-73702	250
ШР4	86,38	3	ШР11-73702	250
ШР5	127,9	10	ШР11-73702	250

Для питания электроприемников принимаем провод марки АВВГ [2].

Кабель АВВГ – кабель силовой, предназначен для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках с номинальным переменным напряжением 0,66 или 1 кВ. Применяется для прокладки в сухих и влажных помещениях на специальных кабельных эстакадах, в блоках, щитах.

Расшифровка обозначения для кабеля силового АВВГ:

- первая «А» – алюминиевые жилы;
- вторая «В» - изоляция из ПВХ-пластиката (винила);
- третья «В» - оболочка из ПВХ-пластиката (винила);
- буква «Г» - отсутствие брони (голый);
- буква «Т» через дефис - тропическое исполнение (ВВГ-Т);
- буква «П» через дефис - кабель в плоском исполнении (ВВГ-П).

Эксплуатация кабеля ВВГ при температуре окружающей среды от -50°C до +50°C. Рекомендуется для прокладки на открытом воздухе, в сухих и влажных производственных помещениях. Кабель АВВГ, имеющий заполнение между жилами, выполненное по ГОСТ, может прокладываться в земле при условии низкой коррозионной активности почвы и отсутствии значительных механических нагрузок. Может быть проложен без предварительного подогрева при температуре не ниже минус 15°C. Минимальный радиус изгиба при прокладке должен быть не менее 7,5 наружных диаметров кабеля. Не распространяет горение при одиночной прокладке. Срок службы кабеля АВВГ – 30 лет.

Выберем провод для пресса, 50 кВт.

По условию нагрева длительным (расчетным) током

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{расч}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \cos\varphi \cdot \eta \cdot U_{\text{ном}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{прокл}}} = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 0,65 \cdot 0,9 \cdot 0,38} \cdot \frac{1}{0,8} = 162,31 \text{ А},$$

где для наших условий $K_{\text{прокл}} = K_1 \cdot K_2 = 0,8$ [1].

Выбираем сечение токопроводящей жилы 120 мм² с $I_{\text{доп}} = 200 \text{ А}$ [9].

По условию соответствия выбранному аппарату максимальной токовой защиты:

$$I_{\text{доп}} = 200 \text{ А} \geq \frac{K_{\text{защ}} \cdot I_{\text{защ}}}{K_{\text{прокл}}} = \frac{1 \cdot 160}{0,8} = 200 \text{ А},$$

где $I_{\text{защ}}$ – ток уставки срабатывания защитного аппарата;

$K_{\text{защ}}$ – кратность длительно допустимого тока для провода или кабеля по отношению к току срабатывания защитного аппарата.

Выбранное сечение проходит проверку по условию согласования с выбранным АВ. Принимаем кабель марки АВВГ - (4х120): $I_{\text{доп}} = 200 \text{ А}$

Результаты выбора сечений проводов сводим в таблицу 3.8.

Таблица 2.18 - Выбор кабельных линий к электроприемникам

ЭП	P_H	$\cos \varphi$	I_p, A	$I_{зщ}, A$	$K_z I_{зщ} / K_{прокл}$	$I_{доп}, A$	Марка кабеля	L, м
Кран-балка, ПВ=40%	30	0,50	64,15	80	102,56	115	АВВГ(4х50)	9
Пресс	50	0,65	129,85	160	200	200	АВВГ(4х120)	6
Фрезерный станок	12	0,40	50,64	63	80,77	95	АВВГ(4х35)	7
Трубогибочный станок	10	0,40	47,47	63	80,77	95	АВВГ(4х35)	12
Шлифовальный станок	8	0,40	37,98	50	62,5	75	АВВГ(4х25)	15
Сварочный трансформатор, ПВ=25%	20	0,40	42,20	50	62,5	75	АВВГ(4х25)	6
Вентилятор	8	0,80	18,99	25	31,25	35	АВВГ(4х6)	18
Сушильный шкаф	24	0,95	42,64	50	64,10	75	АВВГ(4х25)	21
Закалочная печь	30	0,95	53,31	63	74,12	75	АВВГ(4х25)	3
Токарный станок	12	0,50	40,51	50	64,10	75	АВВГ(4х25)	9
Сверлильный станок	6	0,40	28,48	40	51,28	60	АВВГ(4х16)	18
Электрованна	28	0,60	78,78	100	117,64	140	АВВГ(4х70)	3
Электромолот	12	0,60	33,76	40	51,28	60	АВВГ(4х16)	4
Поворотный кран	8	0,50	30,38	40	51,28	60	АВВГ(4х16)	15
Вентилятор горна	14	0,80	29,54	40	51,28	60	АВВГ(4х16)	7
Обдирочный станок	14	0,40	59,08	80	102,56	115	АВВГ(4х50)	2
Нагревательная плита	20	0,95	35,54	50	64,10	75	АВВГ(4х25)	8

Таблица 2.19 – Выбор кабельных линий к ШР

ШР	I_p , А	$I_{защ}$, А	$K_z I_{защ} / K_{прокл}$	$I_{доп}$, А	Марка кабеля	L, м
ШР1	44,75	50	55,55	60	АВВГ(4х16)	9
ШР2	248,98	275	305,55	330	2АВВГ(4х95)	24
ШР3	69,21	80	94,12	95	АВВГ(4х35)	24
ШР4	86,38	100	117,65	140	АВВГ(4х70)	42
ШР5	127,9	160	188,24	200	АВВГ(4х120)	75

2.11 Построение эпюры отклонения напряжения

Согласно ПУЭ для силовых сетей отклонение напряжения от номинального должно составлять не более $\pm 5\% U_n$. Для осветительных сетей промышленных предприятий и общественных зданий допускается отклонение напряжения от $+5$ до $-2,5\%$ U_n .

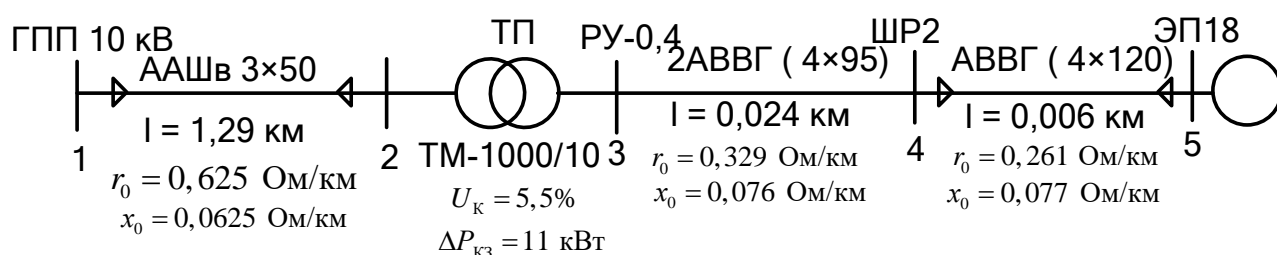


Рисунок 2.7 – Радимальная схема для расчета отклонений напряжения

Узел 5

Расчетная активная нагрузка на участке 4 – 5:

$$P_{4-5} = P_{\text{ном.эп18}} = 50 \text{ кВт},$$

где $P_{\text{ном.эп18}}$ – номинальная активная мощность ЭП18.

Расчетная реактивная нагрузка на участке 4 – 5:

$$Q_{4-5} = Q_{\text{ном.эп18}} = 58,5 \text{ кВар},$$

где $Q_{\text{ном.эп1}}$ – номинальная реактивная мощность ЭП1.

Узел 4

$$S_{\text{расч.шр2}} = 147,95 + j70,47 \text{ кВА},$$

где $S_{\text{расч.шр2}}$ – суммарная нагрузка ШР2.

Узел 3

$$S_{\text{расч.кТП10}} = 903,61 + j759,46 \text{ кВА},$$

где – суммарная нагрузка КТП10.

Расчетная нагрузка на 1 трансформатор:

$$S_{\text{расч.тр}} = \frac{S_{\text{расч.кТП10}}}{2} = 451,81 + j379,73 \text{ кВА}.$$

Узел 2_– сторона ВН трансформатора КТП11. Нагрузка складывается из мощности на стороне НН плюс потери в трансформаторе.

Определяем потери в трансформаторе ТМ-1000/10.

Потери активной мощности:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{хх.тр}} + \Delta P_{\text{кз.тр}} \beta_{\text{тр}}^2 = 2,45 + 11 \cdot \left(\frac{\sqrt{701,8^2 + 685,42^2}}{1000} \right)^2 = 13,03 \text{ кВт};$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{тр}} &= \Delta Q_{\text{хх.тр}} + \Delta Q_{\text{кз.тр}} \beta_{\text{тр}}^2 = \frac{I_{\text{хх}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{100} + \frac{U_{\text{кз}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{100} \cdot \left(\frac{S_{\text{расчт}}}{S_{\text{н.тр}}} \right) = \\ &= \frac{1,4 \cdot 1000}{100} + \frac{5,5 \cdot 1000}{100} \cdot \left(\frac{\sqrt{701,8^2 + 685,42^2}}{1000} \right)^2 = 66,92 \text{ кВар}. \end{aligned}$$

Находим расчетную нагрузку в узле 2:

$$P_{\text{расч2}} = P_{\text{расч3}} + \Delta P_{\text{тр}} = 451,81 + 13,03 = 464,84 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{расч2}} = Q_{\text{расч3}} + \Delta Q_{\text{тр}} = 379,73 + 66,92 = 446,65 \text{ кВар}.$$

Нагрузки минимального режима

Для минимального режима необходим годовой график активной и реактивной нагрузок: в качестве такого графика принимаем характерный суточный график нагрузок завода.

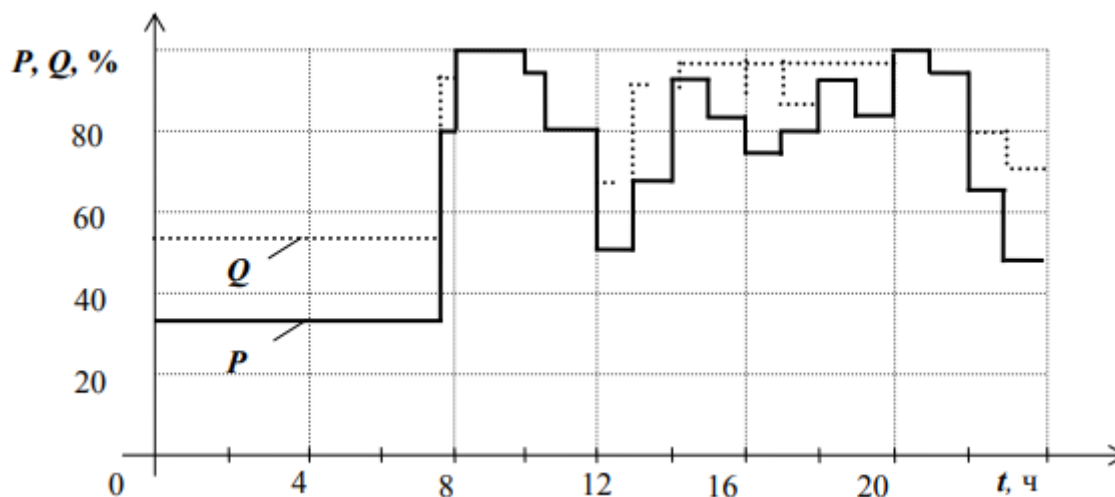


Рисунок 2.8 – Характерные суточные графики инструментального завода

$$P_{\text{min12}} = 0,35 \cdot P_{\text{max12}} = 0,35 \cdot 464,84 = 162,69 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{min12}} = 0,55 \cdot Q_{\text{max12}} = 0,55 \cdot 446,65 = 245,66 \text{ кВар};$$

$$P_{\min 23} = 0,35 \cdot P_{\max 23} = 0,35 \cdot 451,81 = 158,13 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 23} = 0,55 \cdot Q_{\max 23} = 0,55 \cdot 379,73 = 208,85 \text{ кВар};$$

$$P_{\min 34} = 0,35 \cdot P_{\max 34} = 0,35 \cdot 147,95 = 51,78 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 34} = 0,55 \cdot Q_{\max 34} = 0,55 \cdot 70,47 = 38,76 \text{ кВар};$$

Нагрузка в 5 узле остается неизменной, если она в максимальном режиме меньше, чем в узле 4 в минимальном.

$$P_{\max 5} \leq P_{\min 34}, \quad Q_{\max 5} \leq Q_{\min 34}.$$

Условие не выполняется.

$$P_{\min 45} = 0,35 \cdot P_{\max 45} = 0,35 \cdot 50 = 17,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{\min 45} = 0,55 \cdot Q_{\max 45} = 0,55 \cdot 58,5 = 32,18 \text{ кВар}.$$

Нагрузки послеаварийного режима

В послеаварийном режиме величина нагрузки в узлах 2,3, и 4 увеличивается в два раза по сравнению с максимальным, а в узле 5 остается без изменений.

Таблица 2.20 – Расчет нагрузок для различных режимов

Нагрузка в режимах, кВА	Обозначение участка			
	1-2	2-3	3-4	4-5
максимальный	464,84+j446,65	451,81+j379,73	147,95+j70,47	50+j58,5
минимальный	162,69+j245,69	158,13+j208,85	51,78+j38,76	17,5+j32,18
послеаварийный	929,68+j893,3	903,62+j759,46	295,9+j140,94	50+j58,5

Потери напряжения

Максимальный режим

Участок 1 – 2

Потери напряжения на данном участке определим по выражению:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2}, \%$$

где R_{12} , X_{12} – активное и индуктивное сопротивления КЛ, питающей КТП;

U_1 – напряжение на шинах РУ НН ГПП (величину напряжения в начале участка в максимальном и послеаварийном режиме принимаем равным $U_1=10,5$ кВ).

Тогда в процентах

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12}}{10 \cdot U_1^2} = \frac{464,84 \cdot 0,78 + 446,65 \cdot 0,08}{10 \cdot 10,5^2} = 0,36\%.$$

В вольтах:

$$\Delta U_{12} = \Delta U_{12\%} \cdot \frac{U_1}{100} = 0,36 \cdot \frac{10500}{100} = 37,8 \text{ В.}$$

Тогда напряжение в узле 2:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = 10500 - 37,8 = 10462,2 \text{ В.}$$

Участок 2 – 3

Потери напряжения на участке 2 – 3 определяются потерей напряжения на цеховом трансформаторе и определяется по выражению:

$$\Delta U_T = \beta_T \cdot (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \cdot \sin \varphi_2) + \frac{\beta_T^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2)^2,$$

где U_a , U_p – активная и реактивная составляющие напряжения КЗ;

$\cos \varphi_2$ и $\sin \varphi_2$ – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора (с учетом установки компенсирующих устройств).

Активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора определяется:

$$U_a \% = \frac{\Delta P_k \cdot 100}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{11 \cdot 100}{1000} = 1,1\%.$$

Реактивная составляющая:

$$U_p \% = \sqrt{U_{\text{кз}}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,1^2} = 5,39\%.$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{23}}{\sqrt{(P_{23})^2 + (Q_{23})^2}} = \frac{451,81}{\sqrt{(451,81)^2 + (379,73)^2}} = 0,77;$$

$$\sin\varphi_2 = \frac{Q_{23}}{\sqrt{(P_{23})^2 + (Q_{23})^2}} = \frac{379,73}{\sqrt{(451,81)^2 + (379,73)^2}} = 0,64.$$

Отношение фактической нагрузки одного трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме работы:

$$\beta_T = \frac{\sqrt{(P_{23})^2 + (Q_{23})^2}}{S_{H.TP}} = \frac{\sqrt{451,81^2 + 379,73^2}}{1000} = 0,59;$$

Тогда

$$\begin{aligned} \Delta U_{T\%} &= \beta_T \cdot (U_a \cdot \cos\varphi_2 + U_p \cdot \sin\varphi_2) + \frac{\beta_T^2}{200} \cdot (U_a \cdot \sin\varphi_2 - U_p \cdot \cos\varphi_2)^2 = \\ &= 0,59 \cdot (1,1 \cdot 0,77 + 5,39 \cdot 0,64) + \frac{0,59^2}{200} \cdot (1,1 \cdot 0,64 - 5,39 \cdot 0,77)^2 = 2,55\%. \end{aligned}$$

Потери напряжения

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{T\%} \cdot \frac{U_2}{100} = 2,55 \cdot \frac{10462,2}{100} = 266,79 \text{ В.}$$

Напряжение в узле 3

$$U_3 = (U_2 - \Delta U_{23}) \cdot \frac{U_{HH}}{U_{BH}} = (10462,2 - 266,79) \cdot \frac{400}{10500} = 388,40 \text{ В.}$$

Участок 3 – 4

$$\Delta U_{34\%} = \frac{P_{34} \cdot R_{34} + Q_{34} \cdot X_{34}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{147,95 \cdot 0,004 + 70,47 \cdot 0,002}{10 \cdot 388,40^2} = 0,001\%$$

В вольтах

$$\Delta U_{34} = \Delta U_{34\%} \cdot \frac{U_3}{100} = 0,001 \cdot \frac{388,4}{100} = 0,004 \text{ В.}$$

Напряжение в узле 4

$$U_4 = U_3 - \Delta U_{34} = 388,4 - 0,004 = 388,396 \text{ В.}$$

Участок 4 – 5

$$\Delta U_{45\%} = \frac{P_{45} \cdot R_{45} + Q_{45} \cdot X_{45}}{10 \cdot U_3^2} = \frac{50 \cdot 0,002 + 58,5 \cdot 0,001}{10 \cdot 388,396^2} = 0,004\%$$

В вольтах

$$\Delta U_{45} = \Delta U_{45\%} \cdot \frac{U_4}{100} = 0,004 \cdot \frac{388,396}{100} = 0,02 \text{ В.}$$

Напряжение в узле 4

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = 388,396 - 0,02 = 388,376 \text{ В.}$$

Для режимов минимальных нагрузок и послеаварийного режима расчет проводим аналогично.

Таблица 2.21 – Результаты расчета режимов

Участок	1-2	2-3	3-4	4-5
Марка кабеля	ААШв (3х50)	ТМ – 1000/10	2АВВГ- (4х95)	АВВГ- (4х120)
R, Ом	0,625	U _{кз} =5,5%	0,004	0,002
X, Ом	0,0625	ΔP _{кз} =11 кВт	0,002	0,001
<u>Максимальный режим</u>				
P, кВт	464,84	451,81	147,95	50
Q, кВар	446,65	379,73	70,47	58,5
ΔU, %	0,36	2,55	0,001	0,004
ΔU, В	37,8	266,79	0,004	0,02
<u>Минимальный режим</u>				
P, кВт	162,69	158,13	51,78	17,5
Q, кВар	245,69	208,85	38,76	32,18
ΔU, %	0,13	1,29	0,0002	0,001
ΔU, В	13,65	135,27	0,001	0,015
<u>Послеаварийный режим</u>				
P, кВт	929,68	903,62	295,9	50

Q, кВар	893,3	759,46	140,94	58,5
ΔU , %	0,72	5,15	0,01	0,004
ΔU , В	75,6	536,84	0,04	0,02

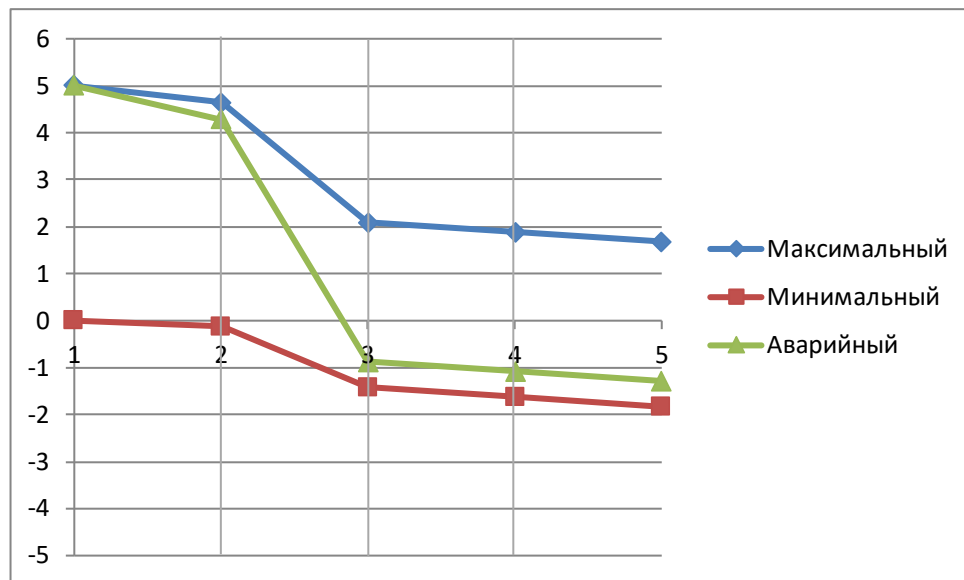


Рисунок 2.9 – Эпюры отклонения напряжения

2.12 Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В

Особенности расчета токов КЗ в сетях до 1000 В:

- 1) мощность системы ($S_{\text{сист}}$) принимается бесконечной, т. е. напряжение на шинах цеховых ТП считается неизменным при КЗ в сети до 1 кВ;
- 2) учитываются активные и индуктивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети;

Расчет ведется в именованных единицах, напряжение принимается на 5% выше номинального напряжения сети ($U = 1,05 \cdot U_{\text{ном.сети}} = 400 \text{ В}$ при $U_{\text{ном.сети}} = 380 \text{ В}$)

Расчет трехфазных токов КЗ

Ток трехфазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{рез}}},$$

где $Z_{\text{рез}}$ – полное сопротивление до точки КЗ, Ом.

Ударный ток КЗ определяется по формуле:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{\text{кз}}^{(3)},$$

где $k_{\text{уд}}$ – ударный коэффициент тока КЗ, определяется по кривым затухания [1].

Для расчета токов КЗ составим расчетную схему.

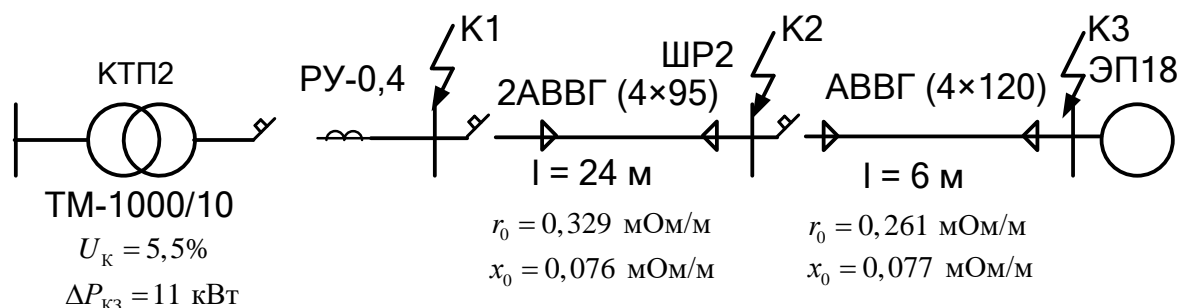


Рисунок 2.10 – Расчетная схема распределительной сети

Определяем сопротивления для расчета трехфазного КЗ, используя справочные данные [1].

1. Сопротивления трансформатора:

$$R_{тр} = 1 \text{ мОм}; X_{тр} = 6,5 \text{ мОм}.$$

2. Сопротивления первичной обмотки трансформатора тока ТТ:

$$R_{тт} = 0,11 \text{ мОм}; X_{тт} = 0,17 \text{ мОм}.$$

3. Сопротивления автоматического выключателя QF1:

$$R_{QF1} = 0,07 \text{ мОм}; X_{QF1} = 0,08 \text{ мОм}; R_{кQF1} = 0,08 \text{ мОм}.$$

4. Сопротивления автоматического выключателя QF2:

$$R_{QF2} = 0,40 \text{ мОм}; X_{QF2} = 0,50 \text{ мОм}; R_{кQF2} = 0,60 \text{ мОм}.$$

5. Сопротивления автоматического выключателя QF3:

$$R_{QF3} = 0,40 \text{ мОм}; X_{QF3} = 0,50 \text{ мОм}; R_{кQF3} = 0,60 \text{ мОм}.$$

6. Сопротивления кабельной линии КЛ1:

$$R_{КЛ1} = 3,95 \text{ мОм}; X_{КЛ1} = 1,82 \text{ мОм}.$$

7. Сопротивления кабельной линии КЛ2:

$$R_{КЛ2} = 1,57 \text{ мОм}; X_{КЛ2} = 0,46 \text{ мОм}.$$

8. Переходные сопротивления ступеней распределения:

$$R_{ру.нн} = 15 \text{ мОм}; R_{шп} = 20 \text{ мОм}.$$

Определяем эквивалентные сопротивления до точек КЗ:

$$R_1 = R_{тр} + R_{QF1} + R_{кQF1} + R_{тт} + R_{ру.нн} = 16,26 \text{ мОм};$$

$$X_1 = X_{тр} + X_{QF1} + X_{тт} = 6,75 \text{ мОм};$$

$$R_2 = R_{QF2} + R_{КЛ1} + R_{кQF2} + R_{шп} = 24,94 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_{КЛ1} + X_{QF2} = 2,32 \text{ мОм}.$$

$$R_3 = R_{QF3} + R_{кQF3} + R_{КЛ2} = 2,57 \text{ мОм};$$

$$X_3 = X_{КЛ2} + X_{QF3} = 0,96 \text{ мОм}.$$

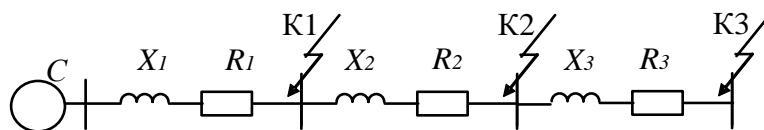


Рисунок 2.11 – Упрощенная схема замещения цеховой сети

Пример расчета тока КЗ для точки К1:

$$Z_{к1} = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{16,26^2 + 6,75^2} = 17,61 \text{ мОм};$$

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 17,61} = 13,11 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{к3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 13,11 = 18,54 \text{ кА}.$$

По рис 1.1 [1] определим $k_{\text{уд}}$. Для этого требуется определить $X_1/R_1=0,42$, откуда $k_{\text{уд}} = 1$.

Для остальных точек расчет проводится аналогично, и результаты заносятся в таблицу 5.1.

Расчет однофазных токов КЗ

Ток однофазного КЗ определяется по формуле:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}};$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение в точке КЗ, В;

$Z_{\phi-0}$ – полное сопротивление петли «фаза нуль» до точки КЗ, мОм;

$Z_{\text{тр}}^{(1)}$ – полное сопротивление трансформатора при однофазном КЗ, мОм.

Схема замещения для расчетов однофазного КЗ не изменится, однако необходимо добавить сопротивления нулевых проводников [8].

Сопротивление нулевой жилы кабельной линии:

$$R_{0-кЛ1} = r_0 \cdot l = 7,81 \cdot 24 / 2 = 93,72 \text{ мОм};$$

$$R_{0-кЛ2} = r_0 \cdot l = 12,5 \cdot 6 = 75 \text{ мОм}.$$

Индуктивное сопротивление кабельной линии :

$$X_{кЛ1} = x_0 \cdot l = 0,15 \cdot 24 = 3,6 \text{ мОм};$$

$$X_{кЛ2} = x_0 \cdot l = 0,15 \cdot 6 = 0,9 \text{ мОм}.$$

Сопротивления трансформатора:

$$Z_{\text{тр}}^{(1)} = 81 \text{ мОм};$$

Пример расчета тока КЗ для точки К2:

$$R_1 = R_{\text{QF1}} + R_{\text{кQF1}} + R_{\text{тт}} + R_{\text{РУ.НН}} = 15,26 \text{ мОм};$$

$$X_1 = X_{QF1} + X_{TT} = 0,25 \text{ мОм};$$

$$R_2 = R_{QF2} + R_{KJI} + R_{0KJI} + R_{KQF2} = 98,67 \text{ мОм};$$

$$X_2 = X_{KJI} + X_{QF2} = 4,1 \text{ мОм}.$$

Тогда

$$Z_{\phi-0} = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2} = \sqrt{(15,26 + 98,67)^2 + (0,25 + 4,1)^2} = 114,01 \text{ мОм};$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{TP}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} = \frac{230}{\frac{81}{3} + 114,01} = 1,63 \text{ кА}.$$

Результаты расчетов токов КЗ для остальных точек сведены в таблицу 5.1

Таблица 2.22 – Сводная ведомость токов КЗ

Расчетные точки		К1	К2	К3
Токи КЗ, кА	$I_{K3}^{(3)}$	13,11	5,47	5,14
	$I_{K3}^{(2)}$	11,35	4,74	4,45
	$I_{K3}^{(1)}$	5,44	1,63	1,05
	$i_{уд}$	18,54	7,73	7,26

2.13 Построение карты селективности действия аппаратов защиты

Карта селективности действия аппаратов защиты служит для проверки правильности выбора аппаратов защиты и строится в логарифмической системе координат. На карту селективности наносятся:

- 1) Номинальный и пусковой токи электроприемника;
- 2) Расчетный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- 3) Расчетный и пиковый ток подстанции;
- 4) Защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей)
- 5) Значения токов КЗ в сети 0,4 кВ

Построим карту селективности действия аппаратов защиты для цепочки защит КТП2 – РУНН – ШРА1– ЭП2.

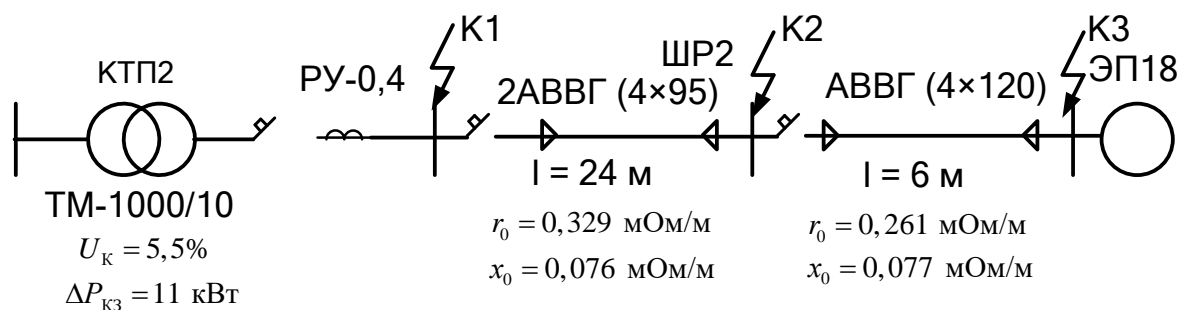


Рисунок 2.12 – Расчетная схема для участка цеховой сети КТП – ЭП18

Таблица 2.23 – Данные для построения карты селективности

	РУ НН	ШРА2	ЭП18	Ток КЗ, кА		
				1	2	3
I_p , А	589,03	248,98	-	13,11	5,47	5,14
$I_{пик}$, А	2248,8	865,77	-			
$I_{ном}$, А	-	-	129,85			
$I_{пуск}$, А	-	-	649,29			

Таблица 2.24 – Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания установки в зоне КЗ, А
ВА 74-43 (РУНН1)	1250	2500
ВА 74-40 (ШР2)	250	1600
ВА 57-35 (ЭП18)	160	1280

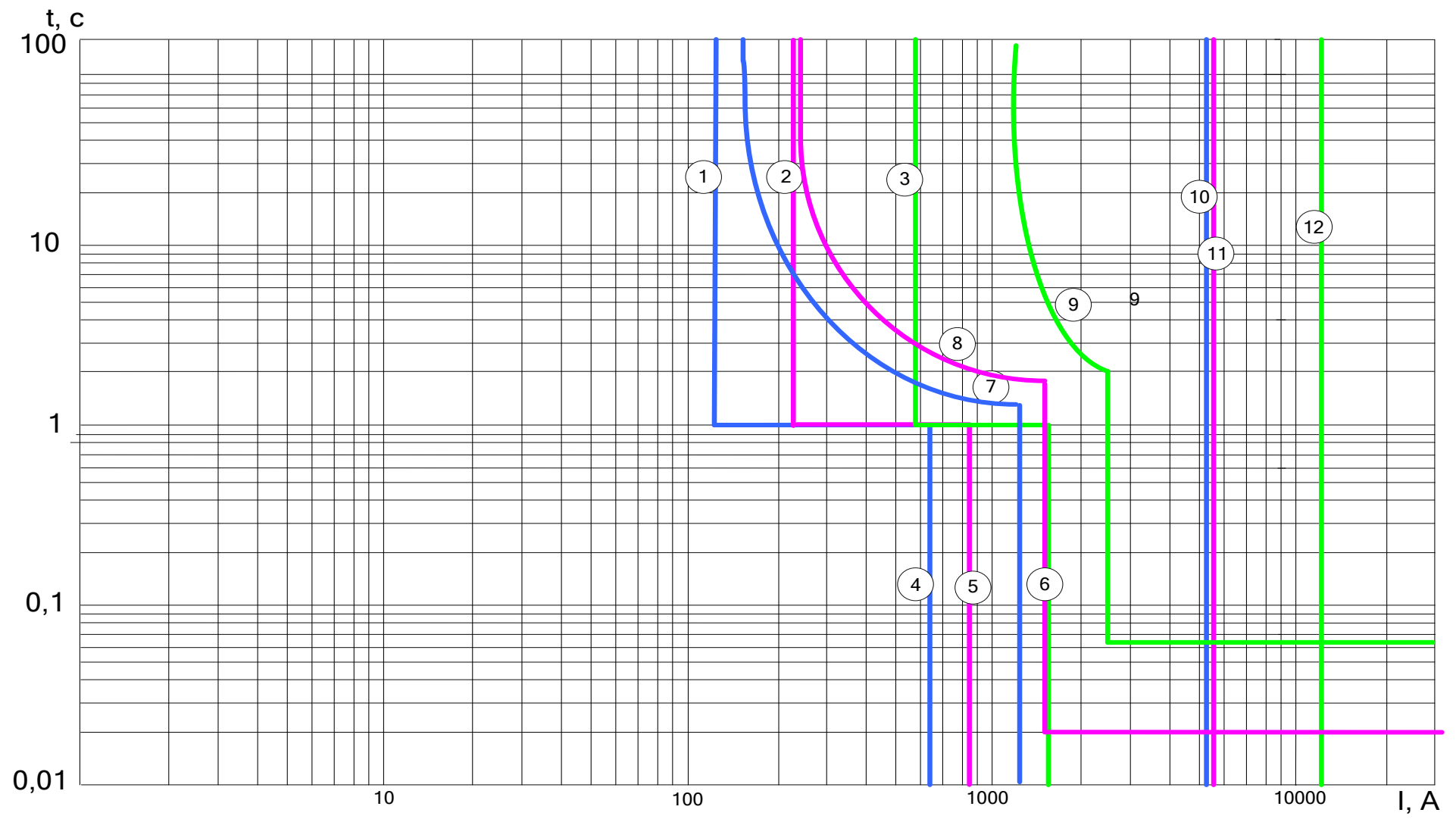


Рисунок 2.13 - Карта селективности аппаратов защиты в установках до 1000 В

На рисунке 6.2 приняты следующие обозначения:

- 1 – номинальный ЭП 18;
- 2 – расчетный ток ШР2;
- 3 – расчетный ток РУНН;
- 4 – пусковой ток ЭП18;
- 5 – пиковый ток ШР2;
- 6 – пиковый ток РУ НН;
- 7 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА 75-35 (ЭП);
- 8 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА 74-40 (ШР);
- 9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА 74-43 (РУ НН);
- 10 – ток КЗ в точке К1;
- 11 – ток КЗ в точке К2;
- 12 – ток КЗ в точке К3.

2.14 Проверка цеховой сети 0,4 кВ по условию срабатывания защиты от однофазного короткого замыкания

Проверка условия:

$$I_{кз}^{(1)} > 3 \cdot I_{ном.расц}$$

В случае возникновения однофазного КЗ, автомат, защищающий электроприемник, должен безотказно сработать.

Сведем результаты расчетов в таблицу 7.1.

Таблица 2.25 – Результаты расчетов токов короткого замыкания

Точка КЗ	$I_{кз}^{(1)}$, кА	$3 \cdot I_{ном.расц}$, кА
K1	5,44	3,75
K2	1,63	0,75
K3	1,05	0,48

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Введение

Цель раздела – экономический анализ проектируемого варианта.

В данном разделе решаются задачи:

1. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
2. Планирование научно-исследовательских работ;
3. Расчет бюджета затрат на проектирование.

Актуальность раздела заключается в том, что на сегодняшний день при проектировании работ в энергетике большое внимание уделяется экономике, так как помимо обеспечения надежности, безопасности системы электроснабжения должны удовлетворять минимуму затрат.

3.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) позволяет измерять характеристики, которые описывают качество и перспективность разработки на рынке и позволяют решать вопрос рациональности вложения денежных средств в проектируемую работу.

По технологии QuaD любой показатель измеряется по стобальной шкале, где 1 – самая слабая позиция, а 100 – самая сильная. Вес всех показателей в сумме дают 1.

Таблица 3.1.1 – Радиальная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	70	100	0,7	0,105
2. Надёжность	0,2	95	100	0,95	0,19
3. Унифицированность	0,05	95	100	0,95	0,0475
4. Простота монтажа	0,05	50	100	0,5	0,025
5. Безопасность	0,2	100	100	1	0,2
6. Расход материалов	0,05	70	100	0,7	0,035
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	85	100	0,85	0,085
8. Перспективность	0,1	85	100	0,85	0,085
9. Цена	0,1	70	100	0,7	0,07
Итого	1	720	-	7,2	0,843

Таблица 3.1.2 – Магистральная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	90	100	0,9	0,135
2. Надёжность	0,2	60	100	0,6	0,12
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	100	100	1	0,05
5. Безопасность	0,2	80	100	0,8	0,16
6. Расход материалов	0,05	90	100	0,9	0,045
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					

Продолжение таблицы 3.1.2

7. Конкурентоспособность	0,1	80	100	0,8	0,08
8. Перспективность	0,1	85	100	0,85	0,085
9. Цена	0,1	80	100	0,8	0,08
Итого	1	735	-	7,35	0,79

Таблица 3.1.3 – Смешанная схема по технологии QuaD

Критерий	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	80	100	0,8	0,12
2. Надёжность	0,2	70	100	0,7	0,14
3. Унифицированность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Простота монтажа	0,05	50	100	0,5	0,025
5. Безопасность	0,2	90	100	0,9	0,18
6. Расход материалов	0,05	50	100	0,5	0,025
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,1	70	100	0,7	0,07
8. Перспективность	0,1	70	100	0,7	0,049
9. Цена	0,1	50	100	0,5	0,05
Итого	1	600	-	6	0,694

Качество и перспективность проектируемого варианта по технологии QuaD находится по выражению:

$$П_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где $П_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение;

B_i – вес показателя

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $П_{\text{ср}}$ показывает перспективность и качество разработки. Если значение $80 \leq П_{\text{ср}} \leq 100$ – разработка перспективна; $60 \leq П_{\text{ср}} \leq 79$ –

перспективность выше среднего; $40 \leq P_{\text{ср}} \leq 59$ – перспективность средняя; $20 \leq P_{\text{ср}} \leq 39$ – перспективность ниже среднего; $P_{\text{ср}} \leq 19$ – то перспективность очень низкая.

Имеем, что $P_{\text{ср}} = 0,843 \cdot 100\% = 84,3\%$, это показывает перспективность работы в данном направлении. Радиальная сеть обладает такими достоинствами как: высокая надежностью, применение с любой окружающей средой, простота применения элементов автоматики. Все эти достоинства значительно увеличивают качество радиальной сети над остальными вариантами. Также перспективность этого варианта увеличивает возможность применения бронированной или негорючей изоляции, современных установок.

3.2 Структура работы в рамках научного исследования

Нужно создать список этапов работ в рамках проектирования научного исследования, распределить исполнителей по типам работ. Алгоритм составления этапов работ, распределение исполнителей по типам работ представлен в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Перечень этапов работ при проектировании

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Поиск и рассмотрение информации по теме	Инженер
	3	Структурирование найденных материалов	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Инженер
Теоретические исследования	5	Расчет электрических нагрузок инструментального завода	Инженер
	6	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	Инженер

Продолжение таблицы 3.2.1

	7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Инженер
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	10	Составление пояснительной записки	Инженер
Защита проекта	11	Подготовка к защите ВКР	Руководитель Инженер

По таблице 3.2.1 видны этапы проектирования. Итогом данного проекта является выпускная квалификационная работа.

3.3 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ

Трудовые затраты составляют основную часть от стоимости разработки, поэтому важным аспектом является определение трудоемкости работ каждого из участников проекта.

Для нахождения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож_i}$ применяется выражение:

$$t_{ож_i} = \frac{3 \cdot t_{\min_i} + 2 \cdot t_{\max_i}}{5},$$

где $t_{ож_i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы чел. – дн.;

t_{\min_i} – минимальная возможная трудоемкость исполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

t_{\max_i} – максимальная возможная трудоемкость исполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях, с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.4 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобный и наглядный способ - ленточный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и конца исполнения данных работ.

Время каждого рабочего этапа из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i – й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},,$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности на 2018 год (5 – дневная рабочая неделя):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,478$$

Коэффициент календарности на 2018 год (6 – дневная рабочая неделя):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22.$$

Длительность работы в календарных днях для руководителя :

$$T_{\text{к1}} = T_{\text{р1}} \cdot k_{\text{кал}} = 3,2 \cdot 1,22 = 3,9 \approx 4 \text{ дн.}$$

Длительность работы в календарных днях для инженера :

$$T_{\text{к2}} = T_{\text{р2}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,478 = 4,3 \approx 5 \text{ дн.}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целого числа.

Полученные значения представлены в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1 – Временные показатели проведения научного исследования







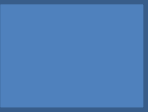




Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}$, чел-дни		
Составление и утверждение технического задания	2	5	3,2	3,2	4
Поиск и рассмотрение информации по теме	2	4	2,8	2,8	5
Структурирование найденных материалов	5	8	6,2	6,2	10
Календарное планирование работ	1	2	1,4	1,4	3

Продолжение таблицы 3.4.1

Расчет электрических нагрузок инструментального завода	7	14	9,8	9,8	15
Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	4	7	5,2	5,2	8
Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	5	8	6,2	6,2	10
Оценка эффективности полученных результатов	5	6	5,4	5,4	8
Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	12	14	12,8	12,8	16
Составление пояснительной записки	2	3	2,4	2,4	4
Подготовка к защите ВКР	2	4	2,8	1,4	2/2
Итого				56,8	85

По данным таблицы 3.4.1 создается календарный график Ганта. График создается для максимального по времени выполнения работ в рамках научного исследования с разбивкой на месяцы, декады.

Таблица 3.4.2 – График Ганта

№	Вид работ	Ткi, кал. дней	Продолжительность выполнения работ								
			февраль		март			апрель			май
			2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление и утверждение технического задания	5									
2	Поиск и рассмотрение информации по теме	4									
3	Структурирование найденных материалов	9									
4	Календарное планирование работ	4									
5	Расчет электрических нагрузок инструментального завода	15									
6	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	10									
7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	8									
8	Оценка эффективности полученных результатов	8									
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	16									
10	Составление пояснительной записки	4									
11	Подготовка к защите ВКР	1/1									

 - инженер,  - руководитель

3.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

3.5.1 Расчёт материальных затрат НТИ

В стоимость материальных затрат включается стоимость материалов, которые используются при проектировании системы электроснабжения завода железобетонных конструкций, а именно канцелярских принадлежностей.

Таблица 3.5.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Ручка	шт.	1	27	27
Тетрадь	шт.	1	50	50
Бумага	лист.	160	3	480
Картридж	шт.	1	1500	1500
Папка	шт.	1	100	100
Итого :				2157

3.5.2 Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчеты по приобретению оборудования, которое есть у организации, но используется для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 3.5.2.1.

Таблица 3.5.2.1 – Бюджет на приобретение оборудования

№	Наименование оборудования	Кол – во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб
1	ПК	1	60.000	60.000
Итого :				60.000

3.5.3 Расчет амортизационных отчислений

Под амортизационными отчислениями понимаются отчисления части стоимости основных фондов для возмещения их износа

Цена ПК больше 40000 руб., необходимо учитывать амортизацию:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{\text{Срок службы} \cdot 365} = \frac{60000 \cdot 41}{3 \cdot 365} = 2247 \text{ руб.}$$

3.5.4 Основная заработная плата исполнителей

Расходы по заработной плате определяются по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок. В основную заработную плату вносится премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 15 % от оклада.

Заработная плата инженера-проектировщика:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot Z_{\text{осн}} - \text{дополнительная заработная плата.}$$

Размер основной заработной платы находится из выражения:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p;$$

где $Z_{\text{дн}}$ - среднедневная заработная плата;

T_p суммарная продолжительность работ, выполняемая научно – техническим работником.

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле :

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D};$$

где Z_M - месячный оклад научно – технического работника;

M - количество месяцев работы без отпуска ($M = 11,2$ для пятидневной рабочей недели и отпуске в 28 рабочих дней, $M = 10,4$ для шестидневной рабочей недели и отпуске в 56 рабочих дней);

F_D - действительный годовой фонд научно технического персонала.

Месячный оклад научно – технического работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_D) \cdot k_p;$$

где $Z_{\text{ТС}}$ - заработная плата по тарифной ставке;

$k_{\text{пр}}$ - премиальный коэффициент, 0,15;

k_D - коэффициент доплат и надбавок, 0,2;

k_p - районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

С помощью представленных выше формул находим основную заработную плату инженера НТИ:

$$Z_M = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_D) \cdot k_p = 17000 \cdot (1 + 0,15 + 0,2) \cdot 1,3 = 29830 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{29830 \cdot 11,2}{365 - 118 - 28} = 1526 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1526 \cdot 41 = 62570 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{П}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} + 0,15 \cdot Z_{\text{осн}} = 62570 + 0,15 \cdot 62570 = 71960 \text{ руб}.$$

Размер основной заработной платы руководителя НТИ равен 300 руб/час*20часов = 6000 руб.

3.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 3.5.5.1.

Таблица 3.5.5.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Инженер	62570	9390
Руководитель	6000	6000
Коэффициент отчислений	0,3	
Итого	$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (62570 + 9390 + 6000 + 6000) = 25188$ руб.	

3.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи расходов. Накладные расходы находятся по выражению:

$$\begin{aligned} З_{\text{накл}} &= (\text{Сумма статей} 1 - 5) \cdot 0,2 = \\ &= (2157 + 60000 + 2247 + 71960 + 12000 + 25188) \cdot 0,2 = 34710 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 20%.

3.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные затраты научно-исследовательской работы – основа для определения бюджета затрат проекта.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 3.5.7.1.

Таблица 3.5.7.1 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля в %
Расчет материальных затрат НТИ	2157	1,03
Расчет затрат на специальное оборудование	60000	28,8
Расчет амортизационных отчислений	2247	1,07
Расчёт затрат на заработную плату инженера	71960	34,55
Расчёт затрат на заработную плату руководителя	12000	5,76
Расчёт затрат на отчисления во внебюджетные фонды	25188	12,09
Расчёт накладных расходов	34710	16,66
Бюджет затрат НТИ	208262	100

Из данных таблицы видно, что большую долю всех затрат из бюджета научно-технического исследования составляют заработные платы инженера и руководителя. Самые малые доли от общих затрат имеют материальные затраты НТИ и амортизационные отчисления. Все затраты проекта могут быть реализованы, так как оказались ожидаемы.

С практической точки зрения из данного раздела видно, что выбранная радиальная схема электроснабжения является наиболее выгодным вариантом, так как она обладает большей надежностью и безопасностью. Улучшением данного варианта может послужить использование более дешевых кабелей и оборудования.

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Характеристика объекта исследования

Данный раздел необходим для оценки анализа вредных и опасных факторов, условий труда, разработки мер защиты от них, рассмотрения вопросов производственной санитарии, техники безопасности, пожарной профилактики, охраны окружающей среды, защиты в ЧС при работе электротехнического персонала, который обслуживает данный инструментальный завод.

Для грамотного технологического процесса в кузнечном цехе установлено необходимое количество электроприемников. Технологический процесс представляет собой работу со станками, сварочным оборудованием.

Обученный персонал, который обслуживает электроустановки, находится в условиях возможного воздействия ряда неблагоприятных факторов для здоровья, которые зависят от состояний помещений и характера производства. Поэтому, необходимо соблюдать санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

1. Производственная безопасность

1.1 Анализ опасных и вредных факторов

В ходе технологического процесса рабочие, которые обслуживают проектируемый инструментальный завод (кузнечный цех), могут быть подвержены влиянию опасных (приводящие к травмам) и вредных (приводящие к заболеваниям) производственных факторов.

Опасные факторы:

- Поражение персонала от электроустановок, механические травмы (циркулярная пила, фрезерный станок);

- Поражения персонала электрическим током, термический ожог (сварочный трансформатор, случайное прикосновение к токоведущим частям оборудования);
- Повышенные уровни шума и вибрации (где находится технологическое оборудование);
- Отклонение параметров микроклимата;
- Электромагнитное излучение;
- Недостаточная освещенность рабочего места зоны;

Производственная санитария

По ГОСТ 12.0.002-2014 производственная санитария - система организационных мероприятий и технических средств, которые предотвращают или уменьшают воздействие на персонал вредных факторов.

Для того, чтобы были созданы нормальные условия объем помещений должен для производственного процесса должен составлять на одного человека минимум 15 м³, 4,5 м² для площади соответственно, высота сооружения минимум 3,2 м.

Гардеробные, душевые, помещения для отдыха, оздоровительные кабинеты должны быть в цехах для рабочих завода.

Воздух рабочей зоны

Для здоровья человека большое значение имеет воздух в производственном помещении.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ нормируются такие параметры как: скорость движения воздушного потока, температура, ПДК вредных веществ, относительная влажность.

Таблица 4.1.1 – Качество воздуха

Сезон	Категория работы	Температура, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный период	I	20-30	60-40	0,2
	IIa	18-20		0,2
	IIб	17-19		0,3
	III	16-18		0,3
Летний период	I	22-25	60-40	0,2
	IIa	21-23		0,3
	IIб	20-22		0,4
	III	18-21		0,5

Деятельность электротехнического персонала - категория средней тяжести III по степени физической тяжести.

Микроклимат в холодный период года обеспечивается системой отопления, теплый период года – вентиляцией.

Вентиляция

При практически любом производстве обычно, всегда выделяется тепло. Котлы, печи и т.д. – источники тепла. Тепло образуется при нагреве, сжигании топлива, преобразовании электрической энергии в тепловую и т.п.

Также почти все производство выделяет пыль. При дыхании, заглатывании или через поры кожи пыль может стать причиной различных заболеваний. Для содержания микроклимата в цехах завода в нормальном состоянии применяется вентиляция.

С помощью вентиляция осуществляется регулируемый воздухообмен, который обеспечивает оптимальные санитарно-гигиенические условия в цехах.

В производственных помещениях применяется общеобменная, механическая приточно-вытяжная вентиляция, также используются пылеотделители.

Защита от шума и вибрации

Звуковое давление выше нормы отрицательно воздействует на орган слуха. В цехе громкость должна быть максимум 140 Дб. Более данной нормы может вызывать болевые ощущения.

Шум на рабочем месте обычно из-за вентиляции и оборудованием (станки, агрегаты).

Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 существуют меры защиты:

- индивидуальными средствами защиты ГОСТ 12.4.011 – 89;
- звукоизолирующие кабины;
- установка звукоизолирующих кожухов и экранов;
- применение виброизолирующих материалов под оборудование.

Максимально допустимые уровни шума по ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» в таблице 4.1.2

Таблица 4.1.2 – Максимально допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Кузнечный цех	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Главный щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность» - таблица 4.1.3.

Таблица 4.1.3 – Нормы вибрации

Вид вибрации	Среднеквадратичная частота, Гц									
	Логарифмический уровень виброскорости									
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500
Кузнечный цех	-	103	100	101	106	112	118	-	-	-

Освещение

Освещенность рабочего места нужна для оптимальных условий труда по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Грамотно выполненное и спроектированное освещение на заводе, дает возможность оптимальной производственной деятельности.

Лучший вид освещения – дневное, поэтому все цеха инструментального завода имеют естественное освещение.

Но дневное освещение зависит от погоды и не способно обеспечить оптимальную освещенность в течении всего рабочего дня, поэтому цеха инструментального завода оснащены так же и искусственными источниками света (люминесцентные лампы)

Нормативы освещенности для кузнечного цеха приведены в таблице 4.1.4

Таблица 4.1.4 – Нормативы освещенности

Наименование цеха, рабочего места	Освещённость, лк		
	при комбинированном освещении		при общем освещении
	общее и местное	общее	
Кузнечный цех			
Общий уровень освещенности по цеху			300
Металлорежущие	2000	200	

станки			
Металлорежущие шлифовальные санки	2500	250	
Разметный стол, работы с чертежами	2000	200	500
Отдел технического контроля (ОТК)	2500	250	750

Согласно СП 52.13330.2016 СНиП 23-05-95 территория РФ разделена на пять групп административных районов по ресурсам светового климата, Томская область относится к первой группе.

При проектировании нужно знать естественную освещенность и составлять планы цехов таким образом, чтобы уровень КЕО подходил оптимальным требованиям

Таблица 4.1.5 – Нормированные значения КЕО

Разряд зрительной работы	Наименьшее нормированное значение КЕР %, при совместном освещении		
	верхнем или верхнем в боковом	боковом	
		в зонах с устойчивым снежным покровом	на остальной территории
I	3.0	1.0	1.2
II	2.5	0.8	1.0
III	2.0	0.6	0.7
IV	1.5	0.4	0.5
V	1.0	0.2	0.3
VI	0.7	0.2	0.2
VII	1.0	0.2	0.3

Безопасность от механических повреждений

Источники механических травм - циркулярная пила, фрезерный станок.

Другие причины механических травм:

- падение на скользком полу
- падение с высоты или неустойчивого основания, на котором стоит человек при выполнении работы;
- технологический транспорт, который передвигается в цеху.

Для защиты от механического травмирования применяют следующие способы: недоступность для человека опасных объектов, применение устройств, защищающих человека от опасного объекта, применение средств индивидуальной защиты.

Защитные устройства должны удовлетворять минимальным требованиям:

- останавливать контакт;
- гарантировать безопасность;
- защищать от падающих предметов;
- не делать новых опасных ситуаций;
- не делать новых помех.

Максимальное распространение для защиты от механического травматизма получили предохранительные, оградительные, тормозные устройства, устройства дистанционного управления устройства автоматического контроля и сигнализации.

Электробезопасность

Основной документ, которые регламентирует воздействие электрического тока при производственном процессе - ГОСТ 12.1.009-2009.

Кузнечный цех по степени опасности поражения персонала электричеством относится к помещениям с повышенной опасностью (2 категория), которые характеризуются наличием одного условий, которые создают повышенную опасность: возможность одновременного прикосновения персонала к имеющим соединение с землей металлоконструкциям цехов, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электроустановок - с другой.

Электрический ток - значительная опасность для здоровья человека при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, которые обеспечивают защиту персонала от вредных и опасных воздействий электрического тока.

При прохождении через тело человека электричество вызывает поражение различных органов, может оказывать воздействие на нервную систему, кровеносно-сосудистую систему человека, органы. Виды воздействий электричества:

- Термическое воздействие;
- Электролитическое действие;
- Механическое действие ;
- Биологическое действие.

Наиболее неблагоприятный исход - смерть человека.

Для защиты рабочих в помещениях инструментального завода используются защита: зануление, защитное заземление, защита от случайного прикосновения.

Защита от случайного прикосновения

Для защиты от случайного прикосновения в помещениях инструментального завода обеспечивается недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

Защитное заземление

Защитное заземление – специальное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, оказывающихся под напряжением вследствие замыкания на. Основное назначение - избежание опасности поражения рабочих электричеством при возникновении напряжения на конструктивных частях электрооборудования.

Зануление

Защитное зануление в электрооборудовании до 1 кВ - специальное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока.

Мероприятия по технике безопасности и пожарной безопасности

Кузнечный цех, по Федеральному Закону от 22.07.2008 №123-ФЗ и Техническому регламенту о пожарной безопасности относится к категории «Г», т.е. это производство где находятся (хранятся, перерабатываются, транспортируются) негорючие вещества или материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки сопровождается выделением тепла. Перед тем как начать работать в электрооборудовании нужно проводить организационные и технические мероприятия.

Организационные мероприятия: выдачу нарядов, распоряжений и допуска к работе, надзор во время работы, оформление перерывов в работе, переводов на другое рабочее место и окончание работы. При работе по наряду бригада должна состоять минимум из двух человек.

Производитель работ ответственен за верность подготовки рабочей зоны, выполнение всех мер безопасности для производства. От категории электрооборудования (более или до 1 кВ) производитель работ должен иметь группу по электробезопасности минимум IV, до 1 кВ и для работ, выполняемых

по распоряжению, минимум III. Перед допуском руководитель и производитель вместе с допускающим проверяют исполнение всех технических мероприятий по готовности рабочей зоны. После допускающий смотрит соответствие состава и квалификации бригады.

Основные причины пожара: короткое замыкание, перегрузка проводов, электрическая дуга, большие переходные сопротивления в электрических цепях, искрение и неисправности оборудования.

2. Экологическая безопасность

Деятельность в цехах инструментального завода связана с выделением выбросов и образованием твердых, жидких отходов.

Выбросы, которые загрязняют воздух: естественные - углекислый газ, пары воды, альдегиды, кетоны, азотистые соединения и т.д., бытовая пыль. Перед выбросом воздух цехов обязательно очищается в фильтровентиляционных системах, чтобы предотвратить загрязнение атмосферы.

Жидкие отходы: бытовые отходы, которые образуются в ходе влажной уборки цехов, при использовании водопровода, туалета и т.п., они сбрасываются в городскую канализацию, где далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

Твердые отходы: бытовой мусор (бумага, использованные специальные ткани для уборки оборудования, пищевые отходы и т.д.); использованные люминесцентные лампы; офисная техника, которая утратила в результате работы свои изначальные свойства.

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681.

Сфера защиты рационального использования природных ресурсов - экономия ресурсов, в частности, энергетических. Большим вкладом является

экономия электроэнергии и тепловой энергии на территории инструментального завода.

Во-первых, экономические показатели завода улучшаются.

Во-вторых, экономия энергии дает уменьшение потребления газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС, что дает уменьшение выбросов, которые загрязняют атмосферу.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Возможные чрезвычайные ситуации в кузнечном цехе: пожар и электропоражение. Главные причины возникновения пожара и способы его предотвращения были рассмотрены в разделе «Мероприятия по технике безопасности и пожарной безопасности».

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух максимально вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электроустановки;
- при косвенном прикосновении.

Косвенное прикосновение - прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в обычном режиме электрооборудования нет электрического потенциала, но при неисправностях, которые вызвали неисправность изоляции или пробой на корпусе, на этих частях может быть появление опасного для жизни человека потенциала.

По ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям существует изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения: защитное заземление и защитное зануление.

Эвакуация людей из зданий и помещений

По СНиП 2.01.02-85 эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, которые находятся в цехах, в течение необходимого времени для эвакуации. Время для эвакуации людей из цехов определяют по длине эвакуационных путей и скорости передвижения рабочих на всех участках пути от наиболее удаленных мест до эвакуационных выходов.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

По Трудовому кодексу РФ, для того, чтобы обеспечить требования по охране труда необходимо осуществлять надзор за их исполнением, на каждом предприятии, где численность сотрудников превышает 50, необходимо создать службу для охраны труда, или же заключается специальный договор. Служба по охране труда находится в подчинении у руководителя инструментального завода. На должность специалиста охраны труда могут претендовать сотрудники, которые имеют специальность инженера охраны труда, либо сотрудник, который прошел специальные курсы.

На нашем инструментальном заводе 35 человек, следовательно, по Трудовому кодексу, на производстве, где численность сотрудников превышает 10, необходимо создать специальные комитеты охраны труда, членами которого будут представители профсоюзов и работодателя. Задачи данного комитета: организация по обеспечению исполнения персоналом требований по охране труда, надзор за выполнением правил охраны труда, информация о состоянии охраны труда. Данный комитет производит учет и анализ получения травм на производстве, получения профессиональных заболеваний, измеряет величину опасных и вредных факторов, оценивает травмобезопасность, производит аттестацию рабочих мест, приемку в эксплуатацию технологических объектов, согласование документов по охране труда, участвует в расследовании причин и последствий несчастных случаев, проходит обучение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом расчета кузнечного стал стали расчетный ток по цеху составил $I_p = 589,03 \text{ А}$, полная расчетная мощность составила $S_p = 358,69 \text{ кВА}$.

По данным, которые были получены в ходе расчета нагрузок всего инструментального завода, была спроектирована картограмма нагрузок всего завода, также найден центр электрических нагрузок. ГПП была размещена вблизи центра нагрузок, в зоне рассеяния.

Внешнее электроснабжение инструментального осуществляется по двум воздушным линиям АС 35/6,2. На главной понизительной подстанции размещены два трансформатора ТМН – 4000/35, для того, чтобы обеспечить надежность электроснабжения потребителей второй категории.

Электроснабжение станков, приборов реализуется кабелями марки АВВГ, радиальными линиями с учетом среды. Автоматические выключателя ВА выступают в роли аппаратов защиты в сети низкого напряжения 0,4 кВ.

По расчету ТКЗ были построены эпюры отклонений напряжения для всех режимов работы. Во всех режимах отклонение напряжения не выходит за границы предельно допустимого.

Согласно расчету ТКЗ 0,4 кВ была построена карта селективности действия аппаратов защиты, по которой видно, что все аппараты выстроены грамотно и работают селективно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
2. Л.П. Сумарокова. Электроснабжение промышленных предприятий. Учеб. Пособие. - Томск: ТПУ, 2012. – 288 с.
3. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с.
4. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий (взамен СН 174-75)
5. Кабельные системы [Электронный ресурс] / ООО «Кабельные системы» – Электронные данные – СПб. 2011 – 2016 г., URL: <http://www.kabel-s.ru>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 28.03.2018 г.
6. Электрические сети [Электронный ресурс] / Электронные данные, URL: <http://leg.co.ua>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 16.03.2018 г.
7. Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 646 с.
8. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Часть 2. Расчет токов короткого замыкания в электроустановках до 1000 В. Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009 - 168с.
9. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Часть 2. Расчет токов короткого замыкания в электроустановках до 1000 В. Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009 - 168с
10. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009. – 853 с.
11. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Часть 1. Расчет электрических нагрузок , нагрев проводников и электрооборудования: учебное

пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007 – 185 с.

12. Высоковольтное электротехническое оборудование [Электронный ресурс] / Компания «ВЭЛТО» – Электронные данные – Екб., URL: <http://velto.ru>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 15.04.2016 г.

13. Справочники и каталоги____[Электронный ресурс] / Электротехническая компания «Биробиджанский завод силовых трансформаторов» – Электронные данные, URL: <http://www.birzst.ru>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 28.03.2016 г.

14. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС)

15. Электрические сети [Электронный ресурс] / Электронные данные, URL: <http://leg.co.ua>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 16.04.2016 г.

16. Кабельные системы [Электронный ресурс] / ООО «Кабельные системы» – Электронные данные – СПб. 2011 – 2016 г., URL: <http://www.kabel-s.ru>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 28.03.2016 г.

17. Электрические трансформаторы [Электронный ресурс] / ООО «Автоматика» – Электронные данные – г.Смоленск, URL: <http://www.tdtransformator.ru>, свободный – Яз. рус. Дата обращения: 16.04.2016г.

18. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: ТПУ, 2014. – 37 с.

19. Томпсон А.А., Стрикленд, Дж.А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа, 12-е издание: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006 – 928 с.

20. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.” СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

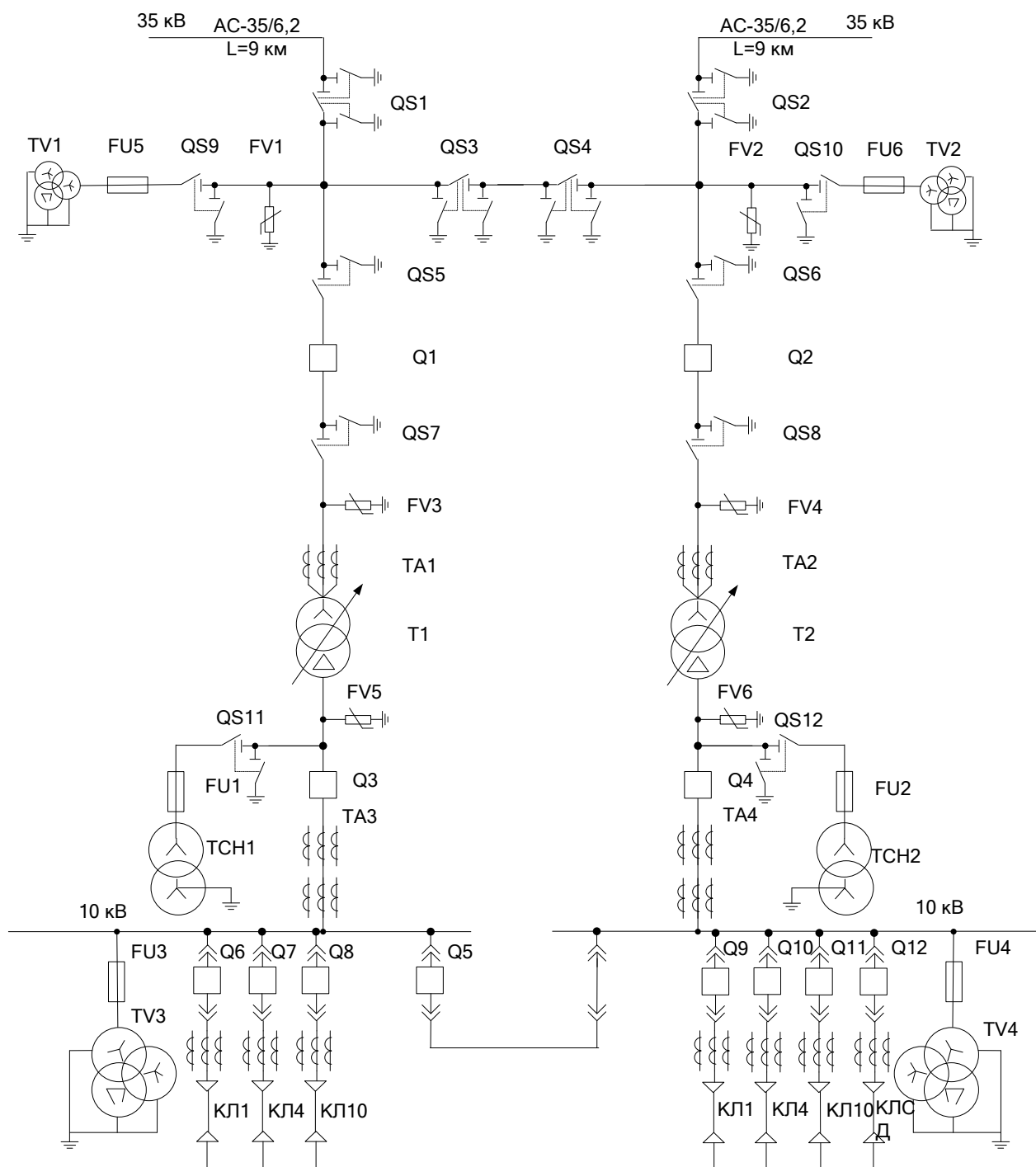
Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

21. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

22. Федеральная служба по утилизации компьютеров и оргтехники [Электронный ресурс]. URL: <http://rusutilit.ru>. (Дата обращения: 11.05.2016г).

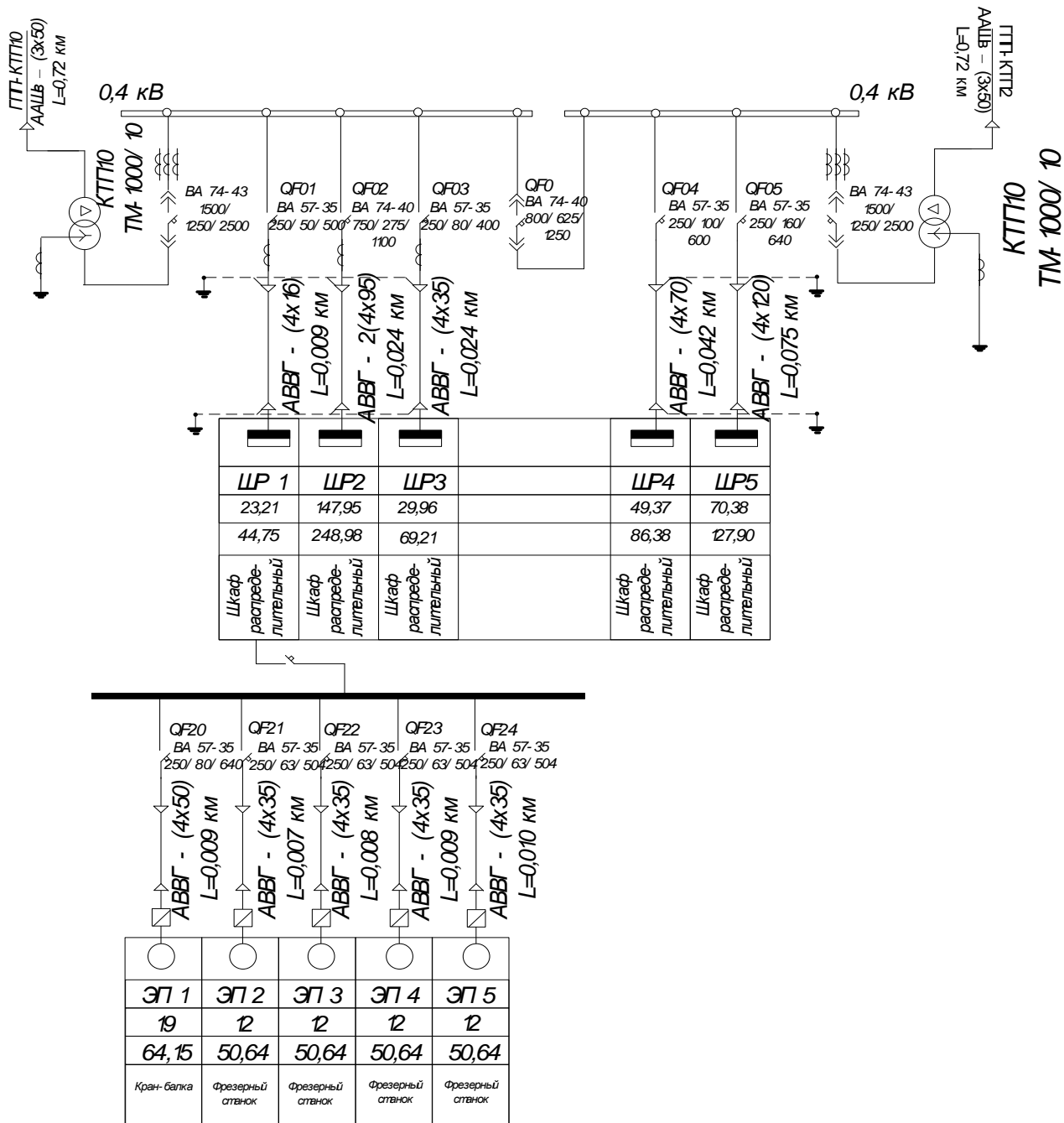
23. ГОСТ 12.1.005-88 “Общие сангигиенические требования к воздуху рабочей зоны.”

24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 “Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы.”



ПРИЛОЖЕНИЕ А

					ДП-ФЮРА. 3710000.252.Э4		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Выполнил					Однoлинейная схема инструментального завода		
Руковод							
Консультант							
					Лист	Лист	Лист



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ДП-ФЮРА. 3710000.252.Э4

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Однолинейная схема кузнечного цеха		
Выполнил							
Руковод					Лит Лист 107 нов		
Консультант							